

# 결 과 보 고 서

과제명: 불 좀 꺼줄래? 잠 좀 자게

팀 명:

전남대학교 IDEC 2023 스마트전자회로설계 챌린지

# 목 차

## 1. 작품 소개

- 제작 동기

## 2. 작동 원리

- 전체적인 설계
- 심장 박동부
- 자이로 센서부
- 신호 처리부

## 3. 결과 동영상 및 사진

- 심장 박동부
- 자이로 센서부
- 최종 결과물 영상 및 사진

## 4. 결론

- 기대 효과
- 보완점

## 1. 작품 소개

### 1) 제작 동기

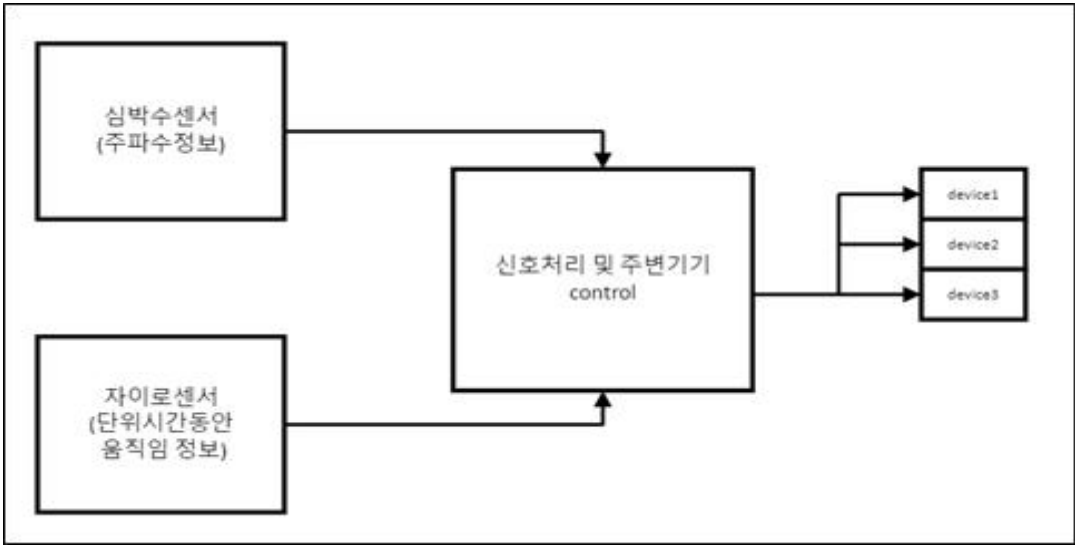


현대의 사회인들은 직장에서의 야근 혹은 늦은 시간까지의 공부 등으로 인해 항상 피곤하고 바쁜 일상을 살아가고 있습니다. 그렇기에 항상 수면시간이 부족하고 때로는 자신도 모르게 전등을 켜놓고 잠드는 경우도 종종 있습니다. 그리고 이런 상황일수록 수면의 질을 높이는 것은 굉장히 중요합니다.

그래서 우리는 사용자의 심장 박동수와 움직임을 감지해 수면 상태를 결정한 뒤 전등 혹은 에어컨 등을 제어해 수면 환경을 향상 시키는 수면 보조 장치를 설계하기로 결정하였습니다.

2. 작동 원리

1) 전체적인 설계 및 작동원리



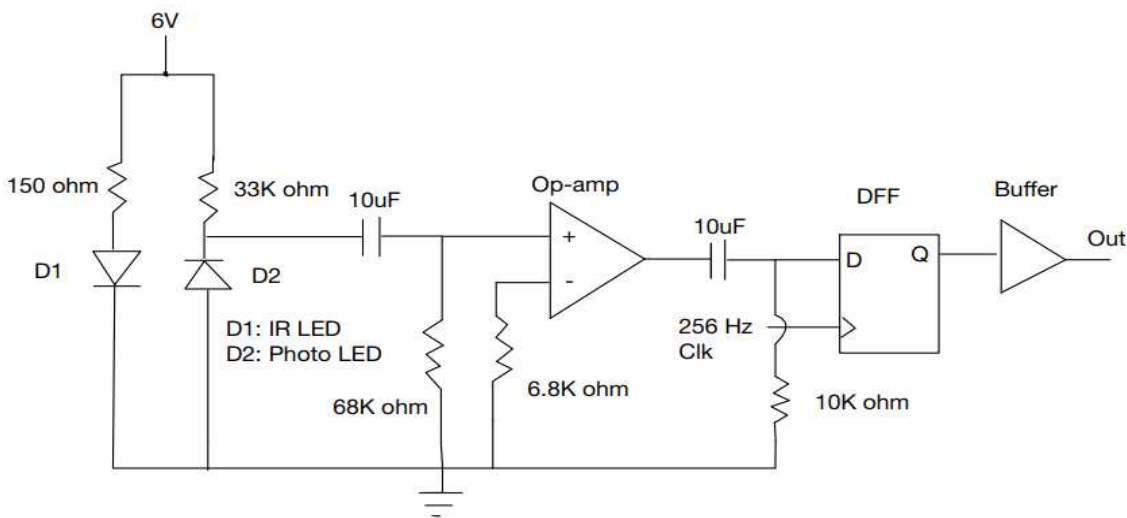
<그림 1> 전체적인 Block Diagram

수면 보조장치는 <그림 1>과 같이 이루어져 있습니다. 심장박동 센서와 자이로 센서에서 가장 먼저 사용자의 심박수와 움직임을 감지합니다. 그 뒤에 신호처리부에서 센서부를 통해 들어온 신호를 바탕으로 아래의 <표 1>과 같이 사용자의 수면 상태를 결정하고 최종적으로 어떤 device를 켜고 끌지를 결정합니다.

심장박동수	자이로센서	상태	전등	에어컨
O	O	기상	ON	ON
X	O	뒤척임	OFF	ON
O	X	얕은 수면	OFF	ON
X	X	깊은 수면	OFF	OFF

<표 1> 센서 신호에 따른 수면 상태 및 주변기기 제어

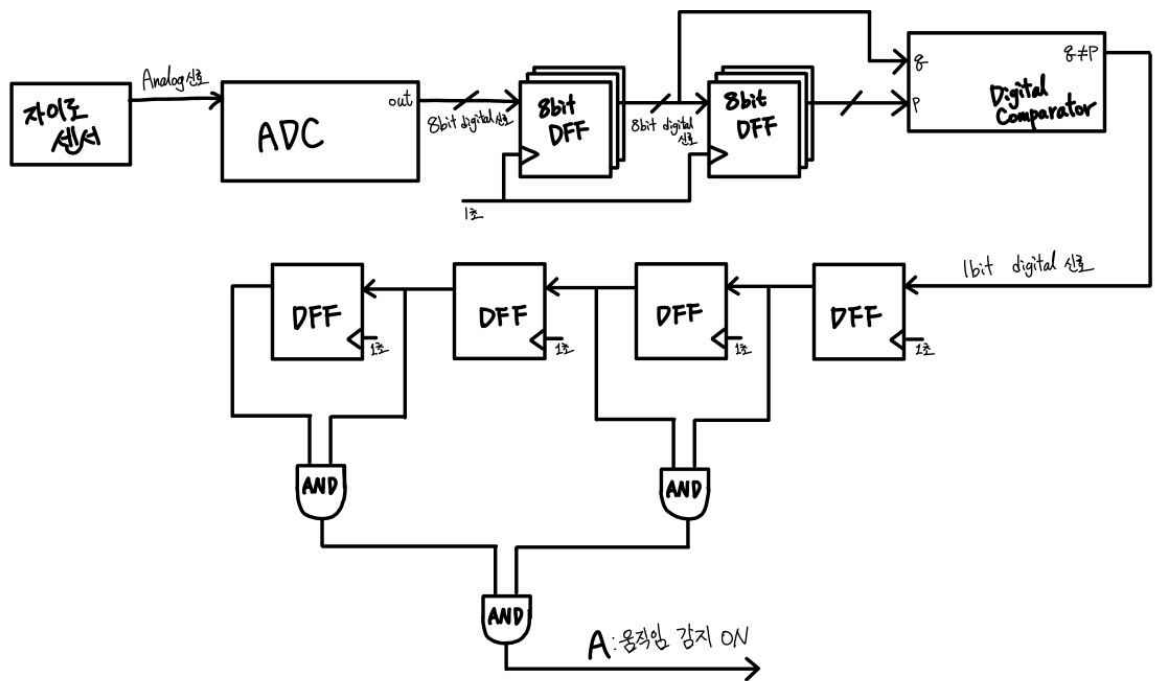
2) 심장 박동부



<그림 2> 심장 박동부 회로

심장 박동부는 <그림 2>와 같이 설계하였습니다. 적외선 LED에서 나오는 적외선이 손가락을 통과하고 통과한 적외선을 Photo LED가 감지하여 심장 박동을 측정합니다. 이후 측정한 심장 박동을 filter를 이용해 noise를 제거하고 Op-amp를 통해 증폭합니다. 이 증폭된 신호는 이후 신호처리부가 처리할 수 있도록 DFF과 Buffer를 이용해 Digital 신호로 가공하여 출력합니다.

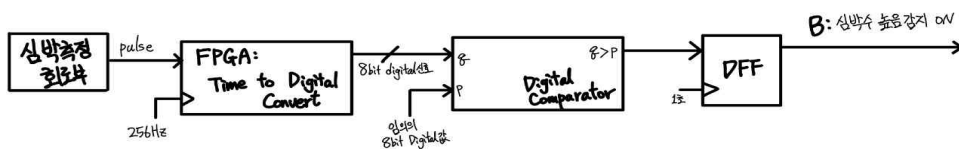
### 3) 자이로 센서부



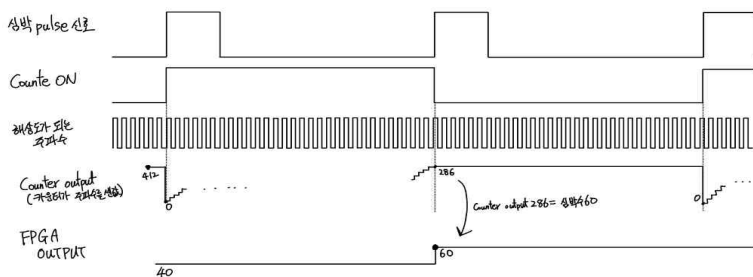
<그림 3> 자이로 센서부 회로

자이로 센서부는 <그림 3>과 같이 설계하였습니다. 자이로 센서로부터 들어온 Analog 신호를 ADC를 이용해 8bit Digital 신호로 변환합니다. 변환된 8 bit digital 신호는 8 bit DFF 두개에 1초 간격으로 입력됩니다. 그 뒤 DFF이 저장하고 있는 위치 신호를 비교기에서 비교합니다. 그 뒤 비교기의 출력을 1초 간격으로 4개의 DFF에 저장하여 4초 동안의 위치 신호가 모두 변하였다면 움직임이 있는 것으로 감지하여 출력을 내보냅니다.

### 4) 신호 처리부



FPGA의 Time to Digital Converter 기능



#### <그림 4> 심장 박동부 신호처리

심장 박동부에서 나온 신호는 FPGA TDC를 이용하여 심장 박동수를 측정합니다. TDC에 256Hz Clock을 인가하여 심박 pulse의 Rising edge 사이에 몇 개의 Clock pulse가 들어가는지 측정합니다. 이후 측정된 출력은 비교기에 입력되어 임의로 지정된 기준 심박수와 비교하여 측정 심박수가 기준 심박수보다 높으면 1 낮으면 0을 출력합니다.

```
-----
`timescale 1ms / 1ms

module asd(clk_in, clk_resol, out1,out2, out3);

input clk_in, clk_resol;
output reg [3:0] out1;
output reg [3:0] out2;
output reg out3;
integer count,CNT_out_cvrt,Dec1,Dec2;

reg state;

initial begin
    count <=0;
    state <=0;
end

always @(posedge clk_in)begin

    if( state == 0 )begin
        //state == 0일때 초깃값
        state <= 1;

        //CNT_out_cvrt <= 120; // Time to Binary 변환값 // 최대심박수인 120 부터 시작
    end

    else if( count>127 ) begin

        // CNT_out_cvrt값을 7447 input용도로 변환

        out2 <= (CNT_out_cvrt/10)%10;

        out1 <= CNT_out_cvrt%10;

        out3 <= CNT_out_cvrt>=100;

        state<=0;

    end
end

always @(posedge clk_resol)begin

    if(state == 1)begin
        count = count + 1;

    end

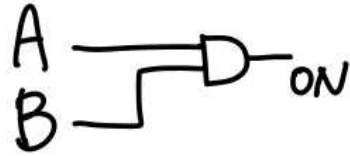
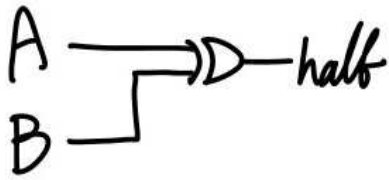
    else begin
        count = 0;
        CNT_out_cvrt <=120;
    end

    // 계산과정 : count가 특정 값에 도달할 때마다 CNT_out_cvrt 값을 낮춤
    // (특정 시간에 도달 할 때마다)120 >> 119 >> 118 >> 117 ...

    case(count)

        128: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        129: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        130: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        131: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        132: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        133: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        134: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        135: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        137: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        138: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        139: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        140: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        142: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        143: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        144: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        146: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        147: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        149: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
        150: CNT_out_cvrt <= CNT_out_cvrt - 1'b1;
```

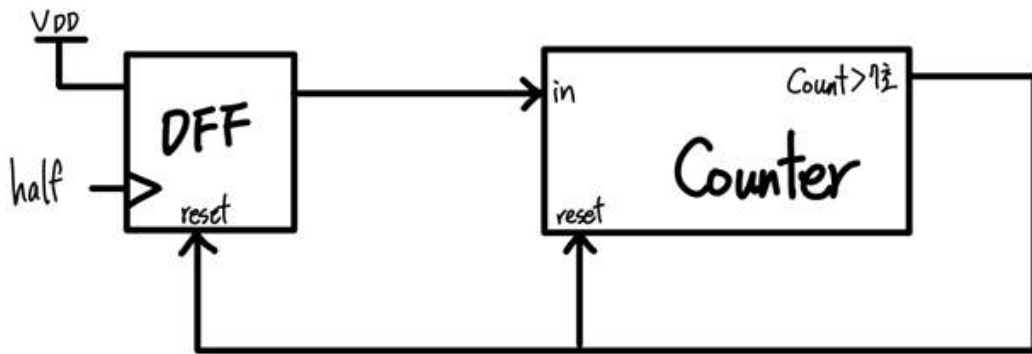




A(심박수)	B(움직임)	ON(기상)	Half(얕은 수면)
0	0	0	0
1	0	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

<그림 5> 수면상태 신호처리      <표 2> 신호에 따른 수면 상태 출력

<그림 5>는 센서를 통해 들어온 신호를 AND gate와 XOR gate를 이용한 신호처리 회로입니다. A는 심박수 신호이고 B는 움직임 신호이고 <표 2>와 같이 수면상태를 결정합니다.



<그림 6> 수면상태 유지회로

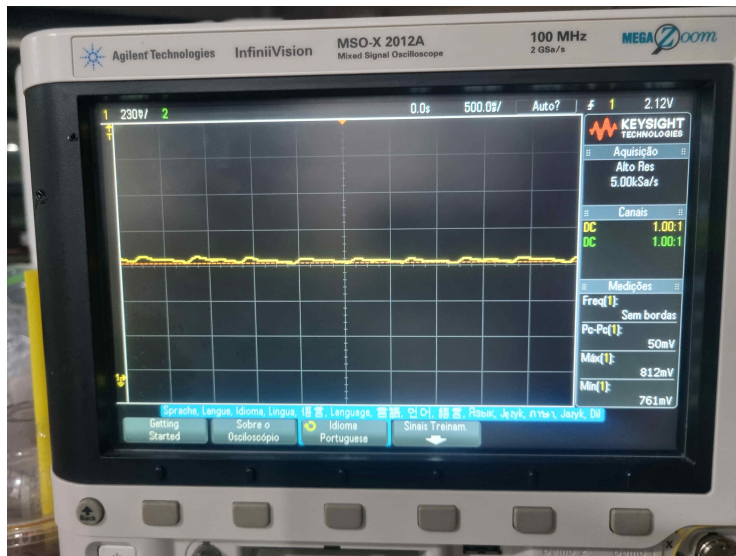
수면상태 유지회로는 너무 짧은 시간에 수면상태가 바뀌는 것을 방지하기 위해 수면상태가 결정되면 8초 동안 그 상태를 유지하도록 설계하였습니다.



### 3. 결과 동영상 및 사진

\*동영상의 경우 더블 클릭하시면 보실 수 있습니다.

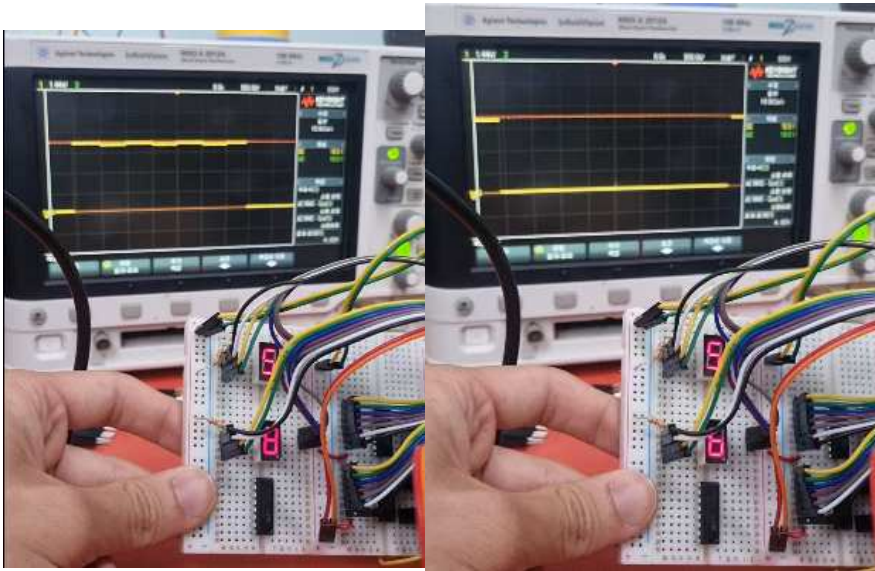
#### 1) 심장 박동부



<사진 1> 증폭 전 심장 박동 출력



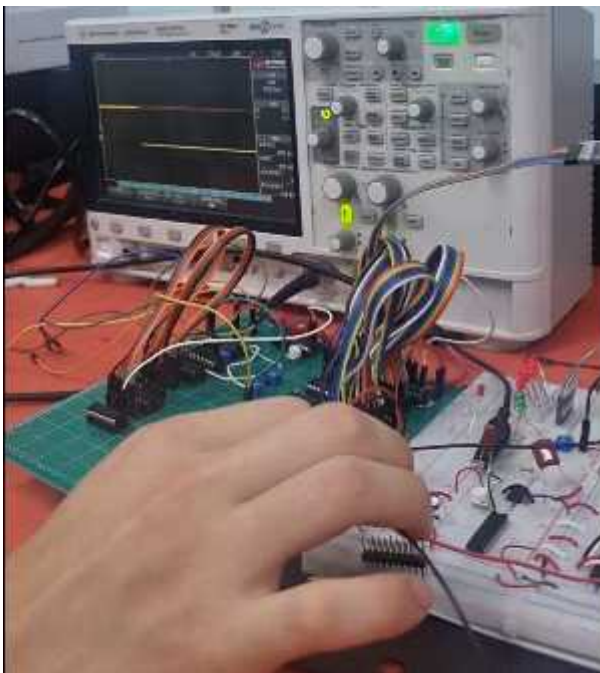
<사진 2> 증폭된 심장박동 및 Digital 변환 신호



<사진 3 & 4> 최종 심장 박동부 작동 (기준 심박수 80)

심박수 85에서 ON 이후 심장 박동수 65에서 OFF

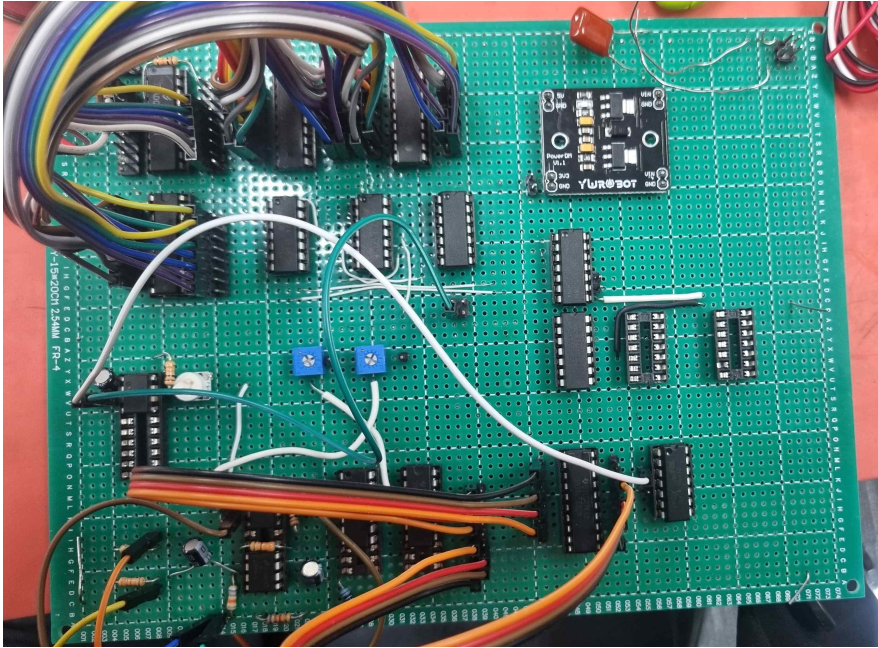
## 2) 자이로 센서부



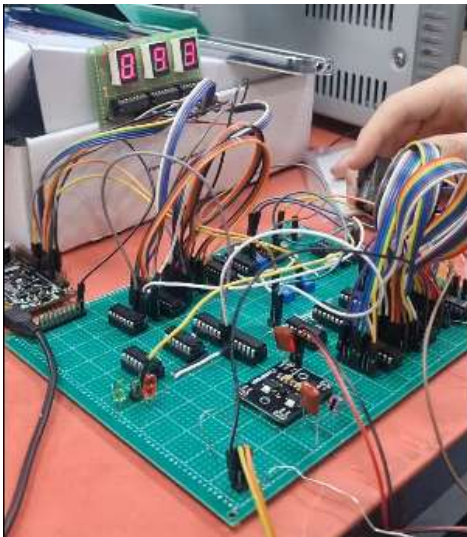
<사진 5> 자이로 센서부

5초 이상 움직임이 있을 시 Pulse 출력, 움직임이 멈춰서 pulse가 사라지는 모습

### 3) 최종 결과물 영상 및 사진

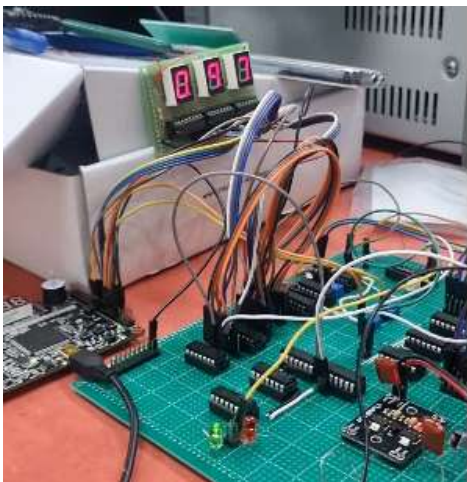


<사진 6> 최종 PCB 사진



<사진 7> 수면 상태 (심박수 off 자이로 off) (기준 심박수 100)

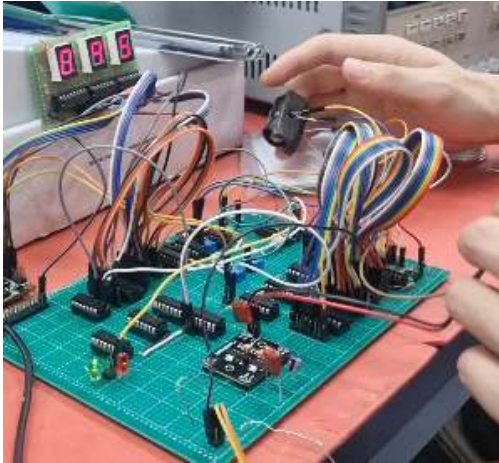
초록색 LED 빨간색 LED 모두 OFF





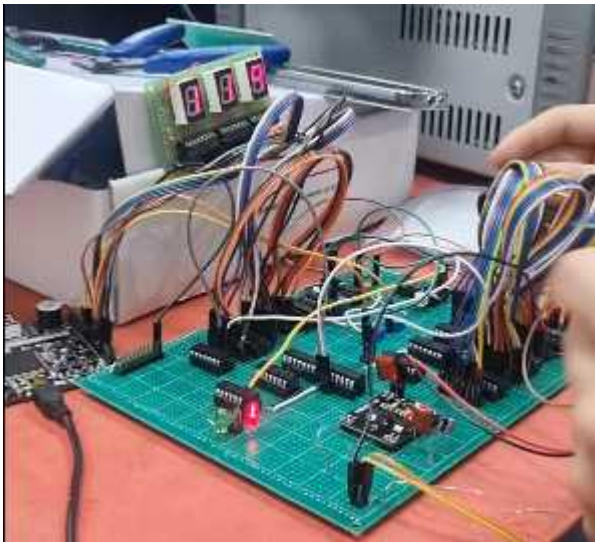
<사진 8> 얇은수면(심박수 on 자이로 off) (기준 심박수 90)

초록색 LED ON 빨간색 LED OFF



<사진 9> 얇은수면(심박수 off 자이로 on) (기준 심박수 120)

초록색 LED ON 빨간색 LED OFF



<사진 10> 기상 상태(심박수 on 자이로 on) (기준 심박수 90)

초록색 LED OFF 빨간색 LED ON

## 4. 결론

### 1) 기대효과

우리는 최종적으로 수면의 질을 높이는 수면 보조 장치를 설계하는데 성공하였다. 우리 조의 경우 전등과 에어컨의 두 개의 주변 기기만을 설정했지만 스마트폰 어플이나 혹은 블루투스 기능등을 이용하여 더 많은 기기들과의 연결 또한 기대할 수 있다.

또한 반대로 수면 시의 환경 뿐 아니라 기상 시의 환경 또한 제어가 가능한 점을 이용할 수 있다. 이를 이용하면 야맹증 환자의 경우 기상 시 전등을 키러가다가 다칠 수도 있는 상황을 방지할 수도 있다.

### 2) 보완점

우리의 목적은 수면의 질을 높이는 것이다. 그렇기 때문에 수면 시 편한 착용감을 유지할 수 있어야 해서 초기에는 팔찌 형태의 센서부를 만드는 것이 목표였다. 하지만 손가락 외의 다른 부분에서는 심박수가 측정이 잘 되지 않았고 움직임이 있으면 심박 센서부가 부정확해지는 문제점이 있었다. 이런 문제 때문에 심박 센서부와 자이로 센서부를 분리했고 착용감이 불편해져 이 부분을 보완해야 한다고 생각합니다.