



Pusan  
National  
University

# 임베디드 시스템 설계 및 실험

## 001 분반 LCD 및 ADC

---

조교  
김민재

ysicka@pusan.ac.kr

# Contents

---

1. 실험 목적
2. 실험 내용
3. 실험 과정
4. 실험 주의사항
5. 실험 미션

# Contents

---

## 1. 실험 목적

## LCD 및 ADC

- TFT-LCD의 원리와 동작 방법에 대한 이해
- TFT-LCD 라이브러리 작성과 이해
- TFT-LCD Touch 동작 제어
- ADC 개념 이해
- 조도 센서 사용 방법 학습

# Contents

---

## 2. 실험 내용

### 2-1. TFT-LCD에 text 출력

## TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)?

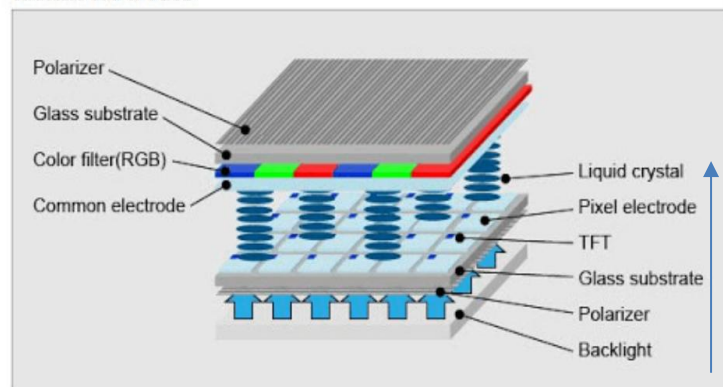
- “초 박막 액정표시장치”

- 액정과 박막 트랜지스터(TFT)를 사용해 전자 기기 화면에 이미지를 표시하는 기술
- 주로 스마트폰, 모니터 등 디스플레이 장치에 사용됨

- 구성 요소

- 백라이트 유닛
  - LCD 자체는 빛을 내지 않기 때문에 뒤에서 빛을 비춰주는 광원이 필요
  - 백라이트 유닛은 LCD 뒤에서 빛을 공급해 화면이 잘 보이도록 함
- 편광판(Polarizer)
  - 빛의 특정 방향만 통과시키는 필터로 액정의 상태 변화에 따라 빛의 양을 조절하여 화면에 정보를 표현하는데 사용
- TFT 기판
  - 픽셀을 개별적으로 제어하기 위한 회로
- 액정(Liquid Crystal)
  - 액체와 고체의 중간 상태를 가진 물질로, 전기 신호에 따라 상태를 바꾸면서 빛의 투과량 조절
- RGB 컬러 필터
  - RGB픽셀이 코팅된 필터로, 각각의 픽셀이 빛을 통과하면서 컬러 화면 형성

Structure of a TFT LCD

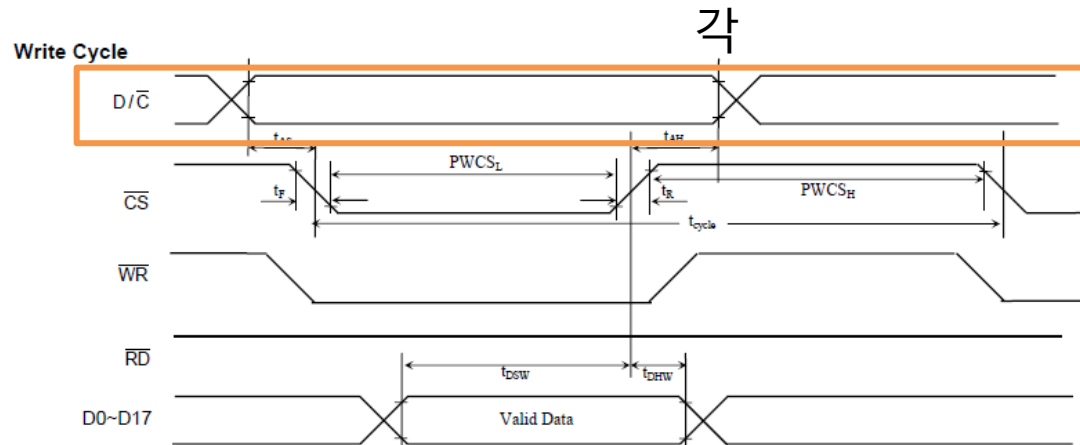


# Timing Diagram

## Timing Diagram

- TFT-LCD에 데이터를 쓸 때 쓰기 신호, 데이터 신호 등 신호 간의 순서와 시간 차이를 맞춰야 작동
- **Timing Diagram:** 이러한 신호들이 시스템에서 시간에 따라 어떻게 변화하는지 시각적으로 나타낸 그래프
  - **Write Cycle:** 마이크로 컨트롤러가 LCD로 데이터를 전달할 때 필요한 신호와 타이밍을 정의한 주기
    - **D/C:** Data/Command 구분 신호

MCU가 LCD에 데이터를 전송할지(high) 또는 LCD에 동작을 제어함을 알릴지(low) 설정

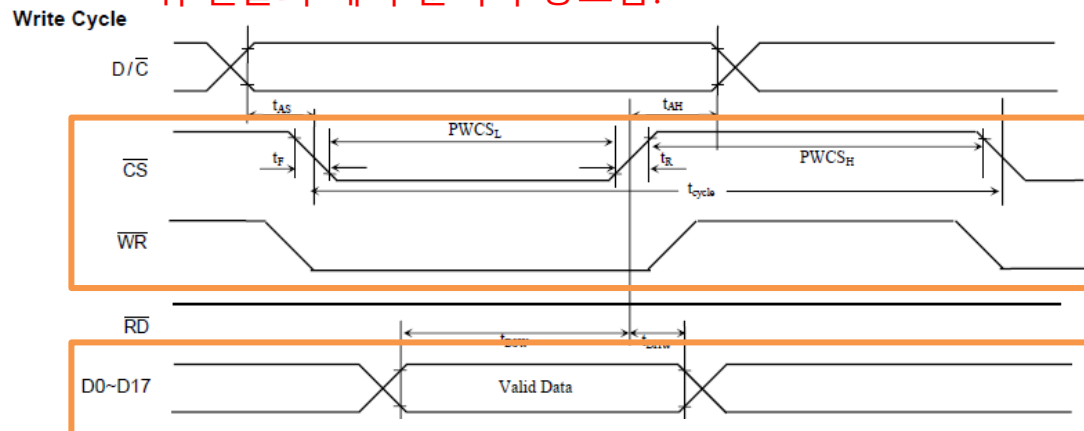


# Timing Diagram

## Timing Diagram

- **Write Cycle:** 마이크로 컨트롤러가 LCD로 데이터를 전달할 때 필요한 신호와 타이밍을 정의한 주기
  - **CS:** CS(Chip Select) 신호가 활성화(low)되어야 LCD가 MCU의 명령을 받을 준비를 함. 비활성화 (high) 상태라면 LCD는 외부 명령을 무시
  - **WR:** low 상태가 되면 Write 작업이 시작되고, 이때 MCU는 데이터를 LCD에 전달할 수 있음. 신호가 high 상태로 돌아가면 작업이 완료.
  - **D0~D17(데이터 라인):** 실제 LCD에 기록할 데이터가 전송됨

위 핀들의 제어 순서가 중요함!





# Timing Diagram

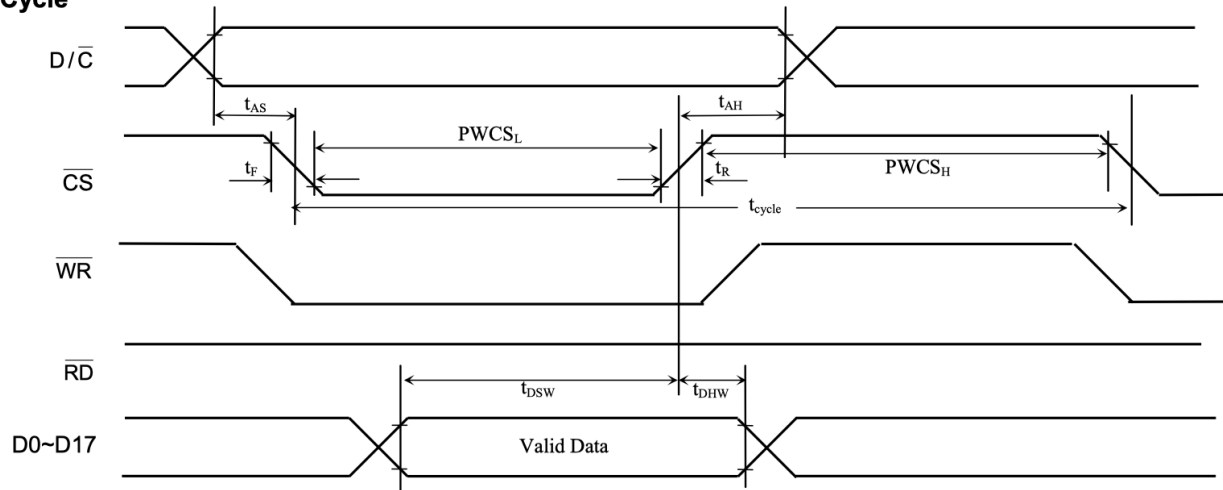
## Timing Diagram

- Ex) LCD에 text 디스플레이 하기

### 1. COMMAND

- $D/\bar{C}$ 를 Low(명령 모드),  $\overline{CS}$ 를 Low(chipset 활성화),  $\overline{WR}$ 를 Low(write 작업시작)로 두고 Command를 전송
  - D0~D17이 Command를 담은 데이터라는 뜻
  - $D/\bar{C}$ 를 명령 모드로 먼저 설정한 이후에  $\overline{CS}$  및  $\overline{WR}$ 를 설정해야 함
- $\overline{CS}$ 를 High,  $\overline{WR}$ 를 High로 다시 돌려놓기

Write Cycle



## Timing Diagram

- Ex) LCD에 text 디스플레이 하기

### 2. DATA

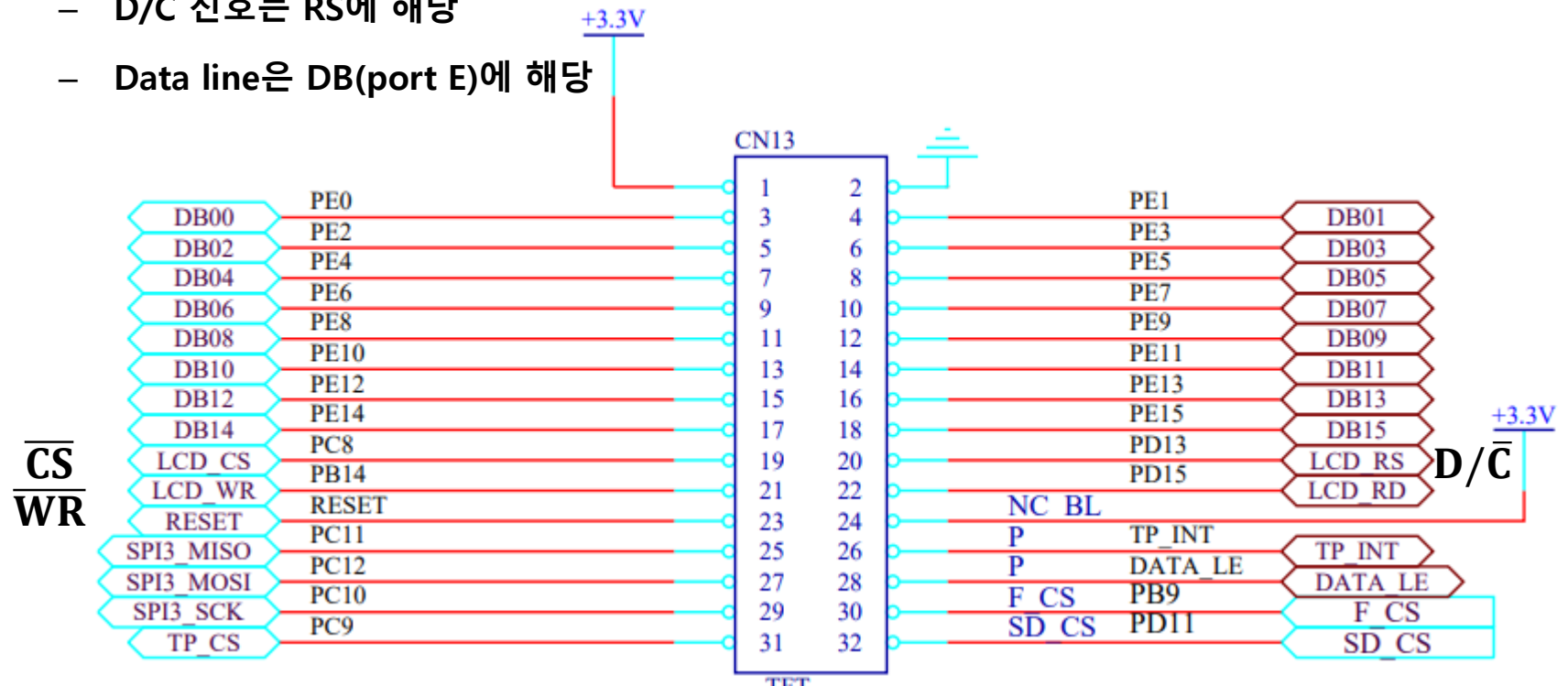
- $D/\bar{C}$ 를 High(데이터 모드),  $\overline{CS}$ 를 Low,  $\overline{WR}$ 를 Low로 두고 Data를 Display에 전송
  - D0~D17이 디스플레이 명령을 담은 데이터라는 뜻
- $\overline{CS}$ 를 High,  $\overline{WR}$ 를 High로 다시 돌려놓기

# Timing Diagram

## Timing Diagram

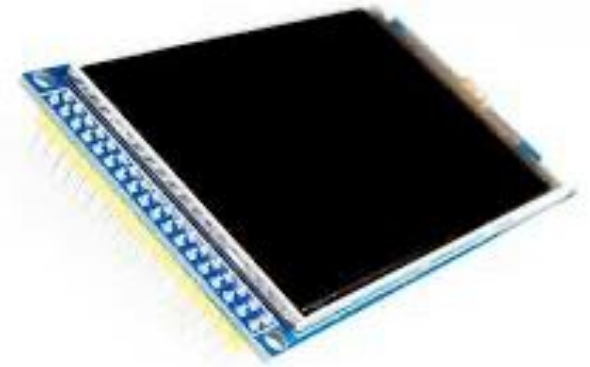
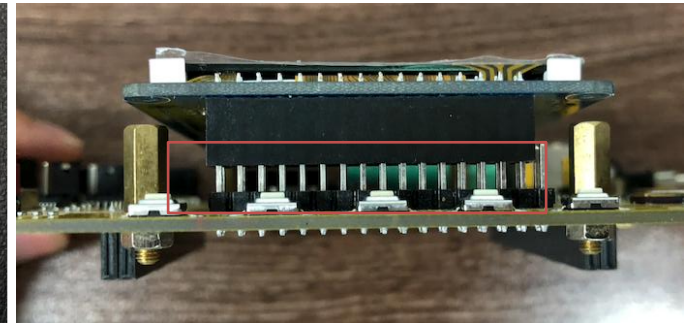
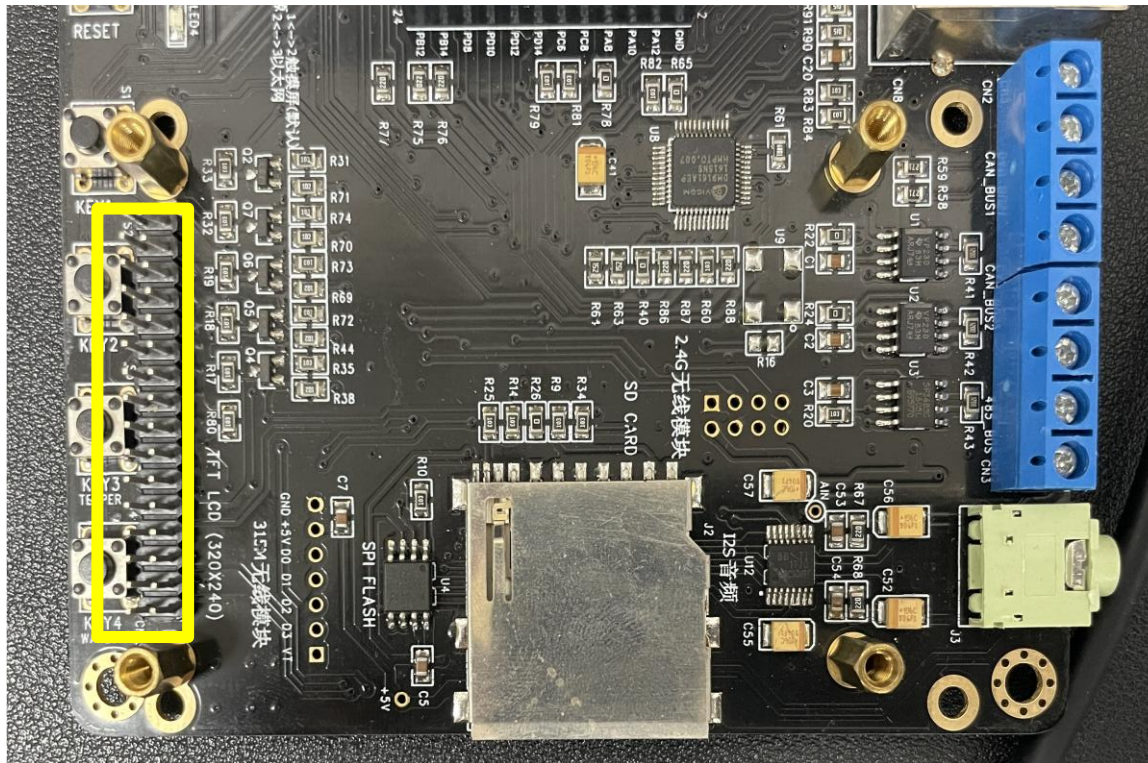
- TFT - LCD Pin 맵

- 핀 맵을 참고하여 각 신호를 인가할 핀 번호를 알 수 있음
- D/C 신호는 RS에 해당
- Data line은 DB(port E)에 해당



# TFT-LCD 연결

## TFT-LCD 연결



[TFT-LCD 모듈]

# Contents

---

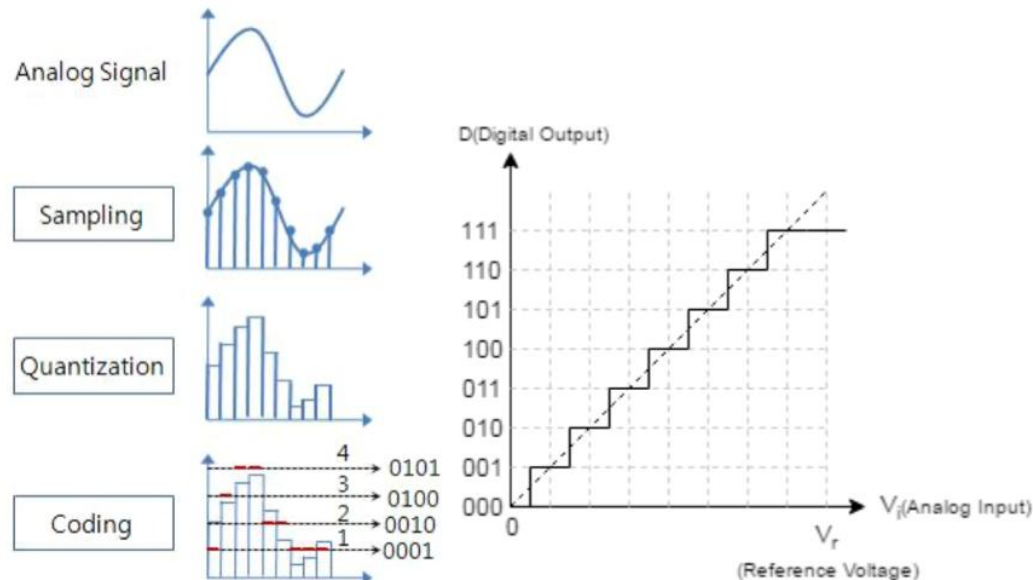
## 2. 실험 내용

2-2. TFT-LCD에 ADC를 통해 조도 센서 값 출력

# ADC(Analog to Digital Converter)

## ADC(Analog to Digital Converter)

- 아날로그 신호를 디지털 값으로 변환하는 converter
- 변환 과정
  - 표본화(Sampling): 아날로그 신호의 값을 일정한 간격으로 추출하여 샘플링
  - 양자화(Quantization): 샘플링한 값들을 일정한 레벨로 구분하여 단계별로 표현
  - 부호화(Coding): 양자화된 각 레벨 값을 이진수로 변환하여 디지털 형태로 나타냄





## 조도센서

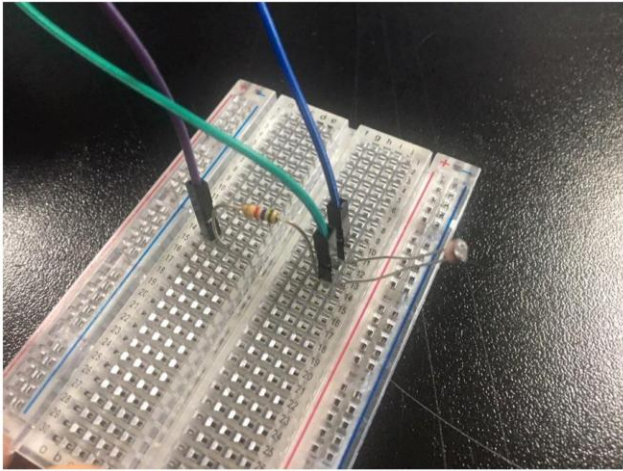
- 주변의 밝기를 측정하는 센서
  - 빛의 양이 많을 때는 저항이 낮아지고, 빛이 적을 때는 저항이 높아짐
  - 이 저항의 변화는 **아날로그 신호**로 나타나며, ADC를 통해 **디지털 신호로 변환**되어 MCU에서 처리됨
  - MCU는 ADC에서 변환된 디지털 값을 받아, 이를 LCD에 출력



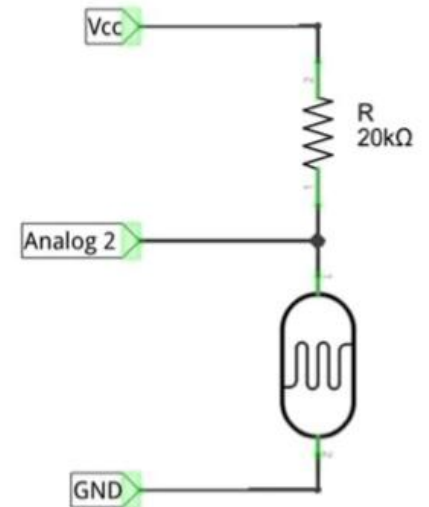
# 조도센서 회로 연결

## 조도센서 회로 연결

- 조도 센서와 저항을 직렬로 연결하여 전압 분배 회로를 구성
  - 조도 센서의 저항 변화에 따라 ADC 포트에 전달되는 전압이 변화( $V=IR$ )
  - ADC포트로 전달된 아날로그 전압은 디지털 신호로 변환됨



— ADC port  
— VCC  
— GND



[회로도]



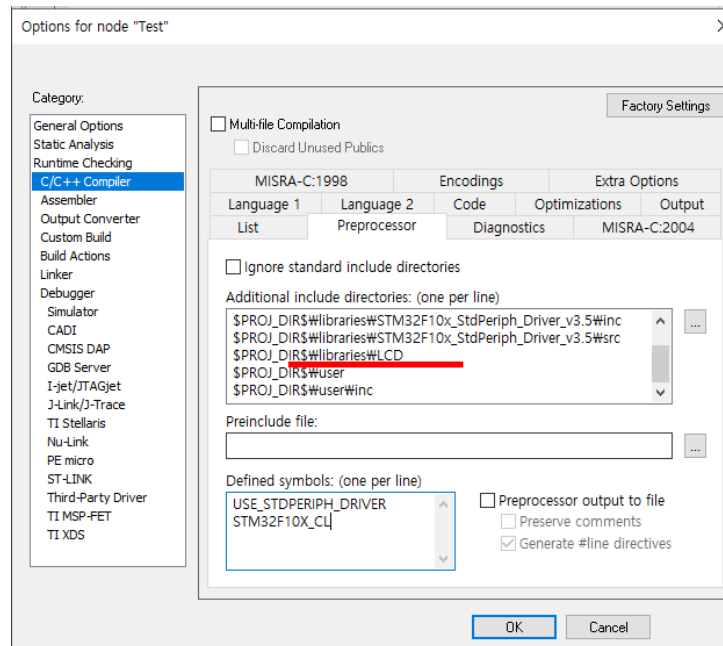
# Contents

---

## 3. 실험 과정

## LCD 라이브러리

- LCD 라이브러리 등록
  - font.h, lcd.c, lcd.h, touch.c, touch.h
  - Libraries 폴더 밑에 LCD 폴더 생성 후 위 5개 라이브러리 파일 추가
  - 프로젝트 옵션 – C/C++ Compiler – Preprocessor
    - 생성한 LCD 라이브러리 폴더 경로 추가

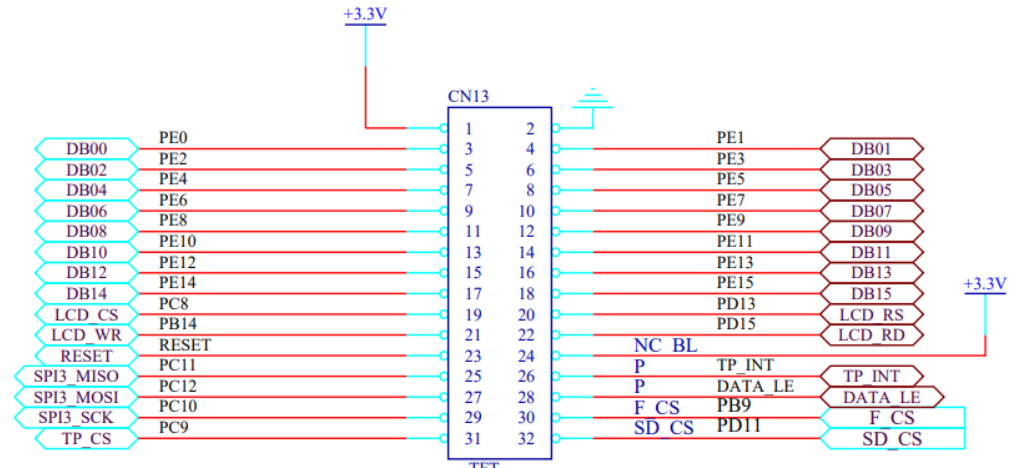


## LCD 라이브러리 코드

- LCD 라이브러리의 Write 관련 코드
  - Pin맵 및 ppt 10-11p 참고하여 라이브러리(lcd.c) TODO 부분 완성

```
static void LCD_WR_REG(uint16_t LCD_Reg)
{
    // TODO implement
    GPIO_Write(GPIOE, LCD_Reg);
    // TODO implement
}

static void LCD_WR_DATA(uint16_t LCD_Data)
{
    // TODO implement
    GPIO_Write(GPIOE, LCD_Data);
    // TODO implement
}
```



## LCD 코드 작성 시 주의사항

- LCD에 표시되는 정보를 실시간으로 갱신하기 위해, 반복문 내부에서 지속적으로 데이터를 읽어와 화면에 반영해야 함.

## lcd.c에 정의되어 있는 주요 함수

- **LCD\_Init()**
  - LCD 디스플레이 초기화 함수. 해당 함수를 호출하지 않으면 LCD가 제대로 동작하지 않음
- **LCD\_Clear(색상)**
  - LCD 화면을 특정 색상을 채워서 초기화
- **LCD\_ShowString(x좌표, y좌표, 문자열, 글자색, 배경색)**
  - LCD 내 지정된 위치에 문자열을 표시하는 함수
- **LCD\_ShowNum(x좌표, y좌표, 숫자, 자리수 글자색, 배경색)**
  - LCD 내 지정된 위치에 숫자를 표시하는 함수
- **LCD\_DrawCircle(x좌표, y좌표, 반지름)**

## touch.c에 정의되어 있는 주요 함수

- **Touch\_Configuration()**
  - 터치 스크린 하드웨어 설정 및 초기화
- **Touch\_Adjust()**
  - 터치 입력의 정확성을 위한 보정작업 수행
  - LCD 사각에 십자가 형태가 나타나는데 수 케이블로 최대한 정확하게 터치해야 함
- **그 외 주의사항: 고장난 LCD가 많으므로 동작이 이상하면 빠르게 다른 LCD로 시도**

## ADC\_InitStructure 주요 멤버 변수

Member Variable	Description	Possible Values (Examples)
ADC_Mode	ADC 동작 모드 설정	ADC_Mode_Independent, ADC_Mode_RegSimult, ...
ADC_ScanConvMode	단일 및 다수 채널 스캔 여부 설정, 단일 채널: DISABLE	ENABLE, DISABLE
ADC_ContinuousConvMode	연속 변환 모드 설정	ENABLE, DISABLE
ADC_ExternalTrigConv	외부 트리거 설정	ADC_ExternalTrigConv_T1_CC1, ADC_ExternalTrigConv_None, ...
ADC_DataAlign	데이터 정렬 모드 설정	ADC_DataAlign_Right, ADC_DataAlign_Left
ADC_NbrOfChannel	사용할 채널 개수 설정	Integer values (e.g., 1, 2, 3, ...)

## ADC 관련 주요 함수1 (파라미터 생략)

- **ADC\_Init**
  - ADC 초기 설정 configuration
- **ADC\_RegularChannelConfig**
  - ADC 특정 채널 설정 함수, 변환할 채널 및 샘플링 시간 등을 정의
- **ADC\_ITConfig**
  - 특정 인터럽트를 활성화 또는 비활성화 하는 함수
- **ADC\_Cmd**
  - ADC를 활성화 또는 비활성화 하는 함수
- **ADC\_ResetCalibration**
  - ADC 보정 설정 초기화
- **ADC\_GetResetCalibrationStatus**
  - 보정 초기화 과정이 완료되었는지 확인하는 함수
- **ADC\_StartCalibration**
  - ADC 보정 시작하는 함수 해당 과정을 마쳐야 정확한 측정값 도출 가능
- **ADC\_GetCalibrationStatus**
  - ADC 보정 완료 여부 확인함수

## ADC 관련 주요 함수2 (파라미터 생략)

- **ADC\_SoftwareStartConvCmd**
  - ADC 변환을 시작하거나 멈추는 함수, 연속 변환 모드가 아닐 시 해당 명령으로 변환 시작
- **ADC\_GetITStatus**
  - 특정 ADC 인터럽트의 상태를 확인하는 함수
- **ADC\_GetConversionValue**
  - 변환된 ADC 값을 읽어오는 함수
- **ADC\_ClearITPendingBit**
  - 특정 ADC 인터럽트 플래그를 초기화 하는 함수



# Contents

---

## 4. 실험 주의사항

# 실험 주의사항

- 실험 장비들을 연결 및 분리할 때 반드시 모든 전원을 끄고 연결해주세요.
- 장비사용시 충격이 가해지지 않도록 주의해주세요.
- 자리는 항상 깔끔하게 유지하고 반드시 정리 후 퇴실해주세요.
- 실험 **소스 코드와 프로젝트 폴더**는 **백업** 후 반드시 **삭제**해주세요.
- 장비 관리, 뒷정리가 제대로 되지 않을 경우 해당 조에게 감점이 주어집니다.
  
- **동작 중 케이블 절대 뽑지말것**
- **보드는 전원으로 USBPort나 어댑터(5V,1A)를 사용할것 (5V 5A 어댑터(비슷하게 생김)와 혼동하지 말 것, 사용시 보드가 타버림 -> 감점)**
- **디버깅 모드 중에 보드 전원을 끄거나 연결 케이블을 분리하지 말 것!!!**
  
- **-> 지켜지지 않을 시 해당 조 감점**

# Contents

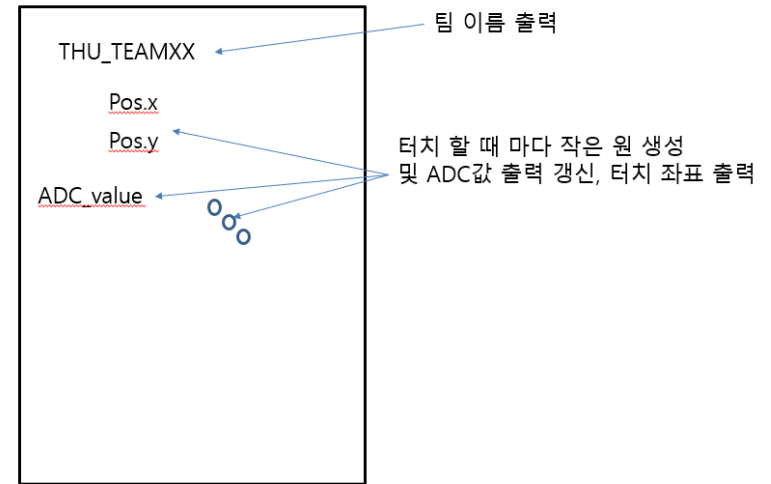
---

## 5. 실험 미션

# 실험미션

## 미션 ! 별도 미션지 참고

LCD 출력 업데이트는 터치 때만 되면 됩니다 (실시간으로 계속 바뀔 필요 없음)



## 실험 검사

오늘 검사 받을 수 있는 조는 오늘 받고 못 받는 조는 따로 미션 수행 후 다음 주 수업 시작할 때 검사  
이번 주 실험 결과 보고서 및 소스 코드 및 실험 동작 영상

- A. 이론부터 실습까지 전반적인 내용을 포함하도록 작성
- B. 다음 실험시간 전까지 PLATO 제출 (보고서와 동작영상)

나가실 때, 만드신 코드 및 프로젝트 폴더는 모두 백업하시고 삭제해주세요.  
다른 분반 파일은 만지지 마시고 조교에게 알려주세요.  
자리 정리정돈 안 되어 있으면 **감점**합니다!!!