

ADC IN MBED-OS

Handong university

Jong-won Lee

ADC in STM32F411

2

총 1개 (6개 신호 입력)

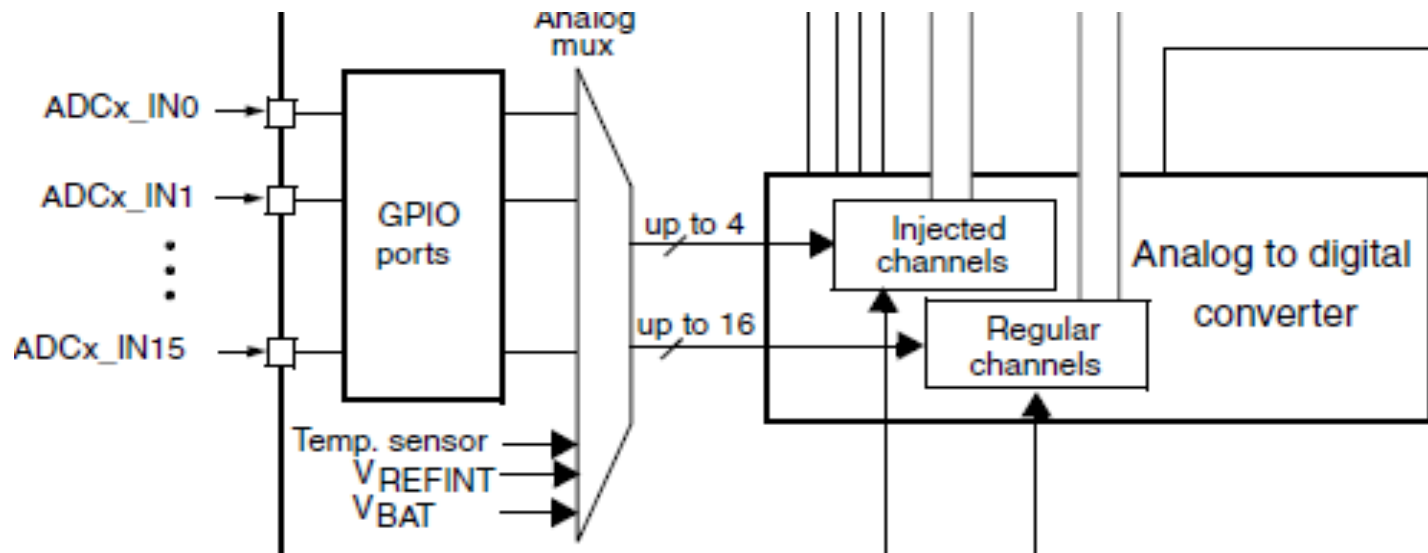
- One 12-bit ADC (analog-to-digital converter)
 - ▣ Up to 16 external channels
 - ▣ In the (single-shot) or (scan mode).
 - In scan mode, automatic conversion is performed on a selected group of analog inputs.
 - ▣ An interrupt can be generated when the converted voltage is outside the programmed thresholds.
- Input signal range: $0 \sim V_{REF+}$ 0 ~ 3.3V
 - ▣ $V_{REF+} = V_{DDA} = V_{DD} (= 3.3V)$ (in Nucleo-F411)
 - ▣ $V_{SSA} = V_{SS}$ (in Nucleo-F411)

ADC in STM32F411

3

□ Block diagram

- Up to 16 external channels
- Internal temp. sensor (V_{SENSE})
- V_{REFINT} : internal reference voltage
- V_{BAT} : battery voltage if a battery is used.



ADC in STM32F411

4

□ Pins for Analog input signals

아날로그 입력신호	핀 번호	외부 확장 커넥터	아날로그 입력신호	핀 번호	외부 확장 커넥터
ADC1_IN0	PA_0	A0	ADC1_IN8	PB_0	A3
ADC1_IN1	PA_1	A1	ADC1_IN9	PB_1	
ADC1_IN2	PA_2		ADC1_IN10	PC_0	A5
ADC1_IN3	PA_3		ADC1_IN11	PC_1	A4
ADC1_IN4	PA_4	A2	ADC1_IN12	PC_2	
ADC1_IN5	PA_5		ADC1_IN13	PC_3	
ADC1_IN6	PA_6		ADC1_IN14	PC_4	
ADC1_IN7	PA_7		ADC1_IN15	PC_5	

사용 불가 ()

ADC in STM32F411

5

□ Internal signal names for Analog input signals

```
{ADC_TEMP, ADC_1, STM_PIN_DATA_EXT(STM_MODE_ANALOG, GPIO_NOPULL, 0, 16, 0)},  
{ADC_VREF, ADC_1, STM_PIN_DATA_EXT(STM_MODE_ANALOG, GPIO_NOPULL, 0, 17, 0)},  
{ADC_VBAT, ADC_1, STM_PIN_DATA_EXT(STM_MODE_ANALOG, GPIO_NOPULL, 0, 18, 0)},
```

■ Internal temperature sensor

- connected to the ADC1_IN16 input channel

Mbed AnalogIn API

6

□ AnalogIn class

생성자 혹은 함수		설명
AnalogIn (PinName pin)		생성자
float	read()	입력 신호를 읽은 다음, 그 값을 0.0 ~ 1.0 값으로 정규화 시켜 반환한다.
unsigned16_t	read_u16()	입력 신호를 읽은 다음, 그 값을 0x0000 ~ 0xFFFF의 16비트 값으로 변환하여 반환한다.
operator float()		read() 함수와 동일하다.
float	read_voltage()	입력 신호의 전압 값을 반환한다. 단위는 [V]이다. (현재 동작하지 않음.)

□ Ex.:

- AnalogIn ain0(A0);
- float x = ain0.read();
- float y = ain0;

ADC IN MBED-OS

Handong university

Jong-won Lee

Lab7-1: CdS 조도 센서 실습

2

□ 실습 목적

- ▣ 1. ADC를 사용하여 조도 센서 값을 읽어올 수 있다.
- ▣ 2. 디지털 값과 아날로그 값의 차이를 이해한다.

□ 실습 시나리오

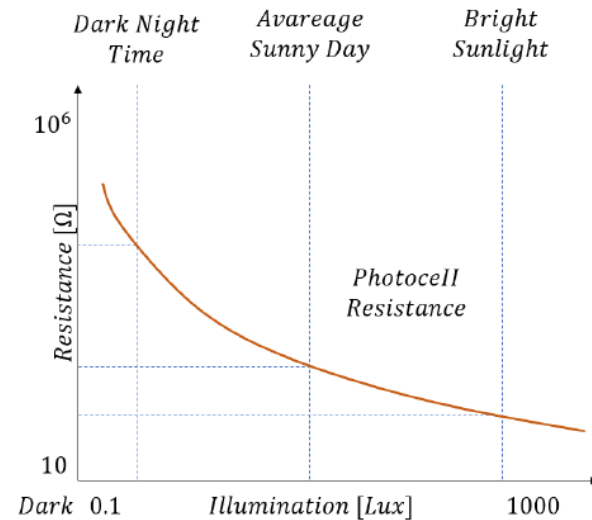
- ▣ 빛이 밝으면 ADC를 통해 측정되는 값이 커지고, 빛이 어두우면 ADC를 통해 측정되는 값이 작아지도록 회로를 구성한다.
- ▣ 1초 간격으로 ADC의 값을 읽어서, 터미널에 출력한다.
출력되는 값은 ADC를 이용하여 읽은 전압 값 [mV] 이다

.

Lab7-1: CdS 조도 센서 실습

3

□ CdS 조도 센서와 특성

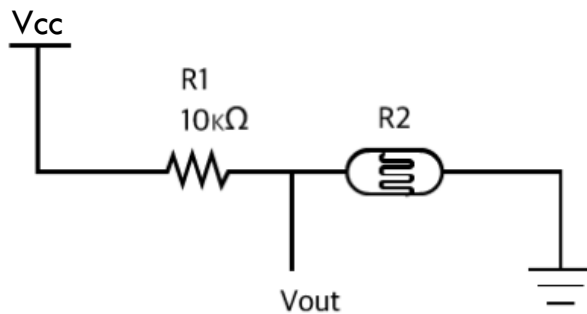


- 밝아질수록 저항 값이 작아지고, 어두울수록 저항 값이 커진다.

Lab7-1: CdS 조도 센서 실습

4

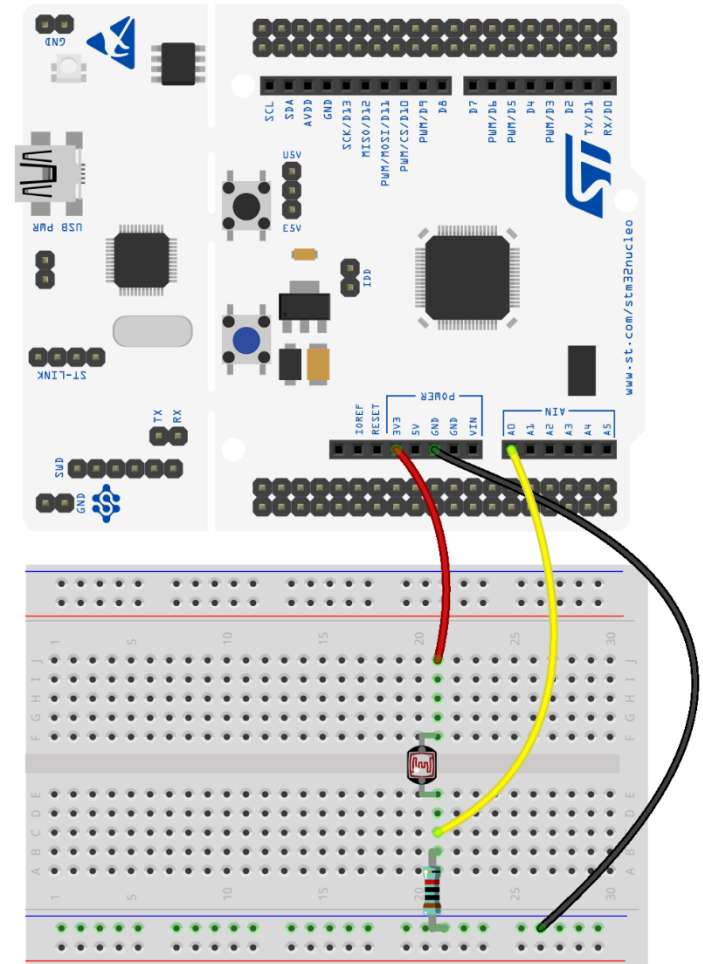
□ 회로 구성 예.



Lab7-1: CdS 조도 센서 실습

5

- 실습 회로 구성.
 - 조도 센서의 한쪽은 Nucleo board의 A0에, 다른 한쪽은 VCC(3V3)에 연결
 - 저항(10k)의 한쪽은 Nucleo board의 A0에, 다른 한쪽은 GND에 연결
 - 조도 센서에는 극성이 없음



fritzing

Lab7-1: CdS 조도 센서 실습

6

□ A sample code.

```
#include "mbed.h"

#define MAXIMUM_BUFFER_SIZE 80
char buf[MAXIMUM_BUFFER_SIZE] ;

AnalogIn ain0(A0);
BufferedSerial pc(CONSOLE_TX, CONSOLE_RX, 115200);

int main() {
    float meas;

    sprintf(buf, "\r\n Welcome to Analog In Lab.\r\n");
    pc.write(buf, strlen(buf));

    while(1) {
        meas = ain0.read(); // Converts and read the analog input value [0.0 1.0]
        meas = meas * 3300; // Change the value to be in the 0 to 3300 mV range
        sprintf(buf, "A0 input voltage = %.2f mV\r\n", meas);
        pc.write(buf, strlen(buf));
        ThisThread::sleep_for(chrono::milliseconds(1000));
    }
}
```

Lab7-2: 칩 내부 온도 측정 실습

7

- 실습 목적
 1. MCU 내부의 온도를 측정하기 위한 내부 온도 센서의 값을 ADC를 이용하여 측정할 수 있다.
 2. ADC로 읽은 온도 센서의 전압 값을 온도 값으로 변환할 수 있다.
- 실습 시나리오
 - 5초 간격으로 내부 온도 센서의 값을 ADC를 이용하여 읽은 다음, 그 값을 온도 값으로 변환하여 터미널에 출력한다.

Lab7-2: 칩 내부 온도 측정 실습

8

□ 내부 온도 센서 특성

Table 71. Temperature sensor characteristics

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$T_L^{(1)}$	V_{SENSE} linearity with temperature	-	± 1	± 2	$^{\circ}\text{C}$
$Avg_Slope^{(1)}$	Average slope	-	2.5	-	$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
$V_{25}^{(1)}$	Voltage at 25 $^{\circ}\text{C}$	-	0.76	-	V
$t_{START}^{(2)}$	Startup time	-	6	10	μs
$T_{S_temp}^{(2)}$	ADC sampling time when reading the temperature (1 $^{\circ}\text{C}$ accuracy)	10	-	-	μs

$$\square \text{ Temperature } (^{\circ}\text{C}) = \frac{V_{SENSE} - V_{25}}{Avg_Slope} + 25$$

Lab7-2: 칩 내부 온도 측정 실습

9

□ A sample code.

```
#include "mbed.h"

BufferedSerial pc(USBTX, USBRX, 115200);
AnalogIn tempSensor(ADC_TEMP);
char buf[80] ;

int main() {
    float meas;

    sprintf(buf, ("\\r\\n *** ADC Example (Internal Temp Sensor) ***\\r\\n");
    pc.write(buf, strlen(buf));

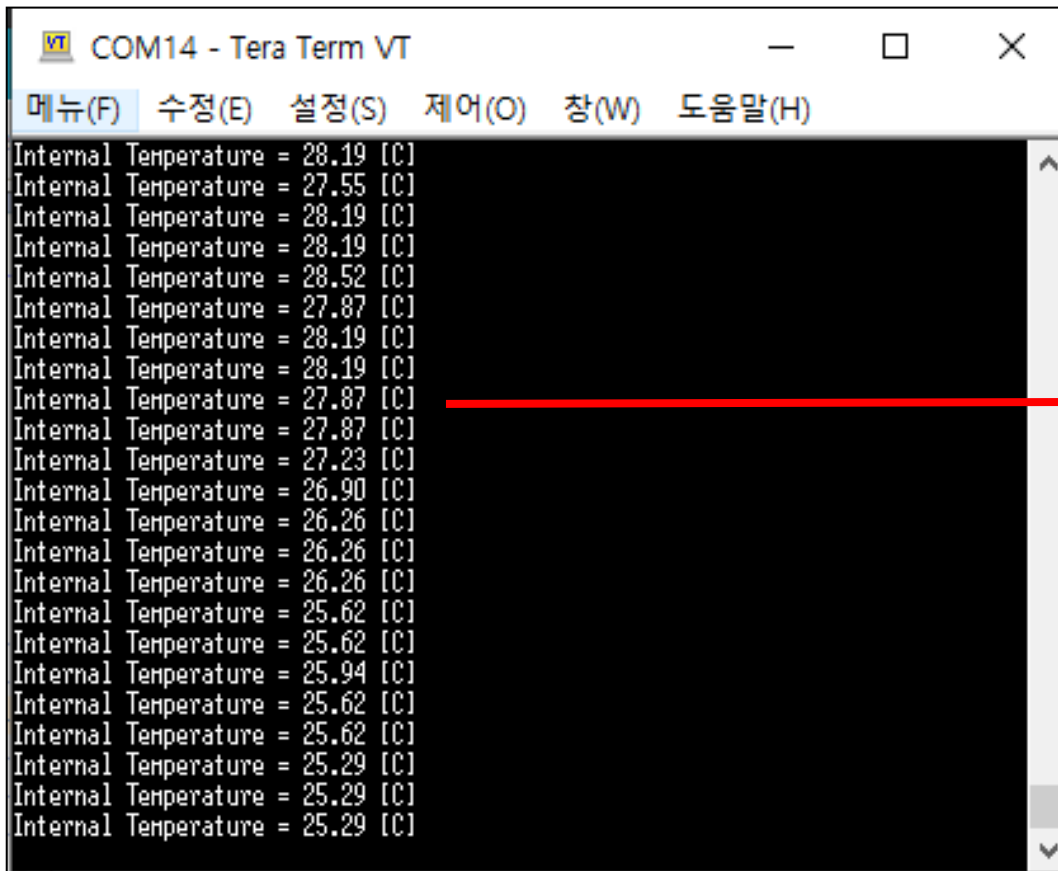
    while (true) {
        // write your code

        ThisThread::sleep_for(chrono::seconds(5));
    }
}
```

Lab7-2: 칩 내부 온도 측정 실습

10

□ A sample result.



```
COM14 - Tera Term VT
메뉴(F) 수정(E) 설정(S) 제어(O) 창(W) 도움말(H)
Internal Temperature = 28.19 [C]
Internal Temperature = 27.55 [C]
Internal Temperature = 28.19 [C]
Internal Temperature = 28.19 [C]
Internal Temperature = 28.52 [C]
Internal Temperature = 27.87 [C]
Internal Temperature = 28.19 [C]
Internal Temperature = 28.19 [C]
Internal Temperature = 27.87 [C]
Internal Temperature = 27.87 [C]
Internal Temperature = 27.23 [C]
Internal Temperature = 26.90 [C]
Internal Temperature = 26.26 [C]
Internal Temperature = 26.26 [C]
Internal Temperature = 26.26 [C]
Internal Temperature = 25.62 [C]
Internal Temperature = 25.62 [C]
Internal Temperature = 25.94 [C]
Internal Temperature = 25.62 [C]
Internal Temperature = 25.62 [C]
Internal Temperature = 25.29 [C]
Internal Temperature = 25.29 [C]
Internal Temperature = 25.29 [C]
```

STM32F411 칩 위에
손을 접촉시키고 있다가
손을 떼 시점

Lab7-3: 빛의 밝기에 따라 LED On/Off

11

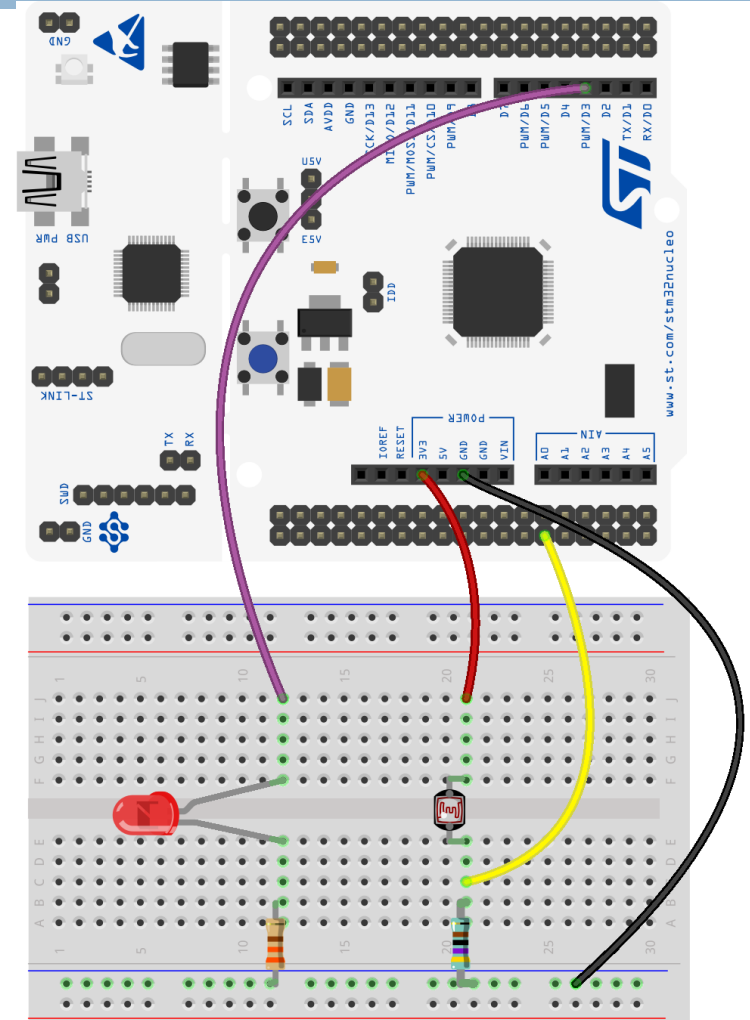
- 실습 시나리오.
 - ▣ 밝으면 LED가 꺼지고, 어두우면 LED가 켜지도록 함.
 - (threshold 값은 실험 환경에 맞추어 적절하게 선택하여야 한다.)
 - ▣ 터미널에 측정된 조도 값 (ADC를 통해서 읽은 조도 센서 전압 값)을 표시한다.
 - ▣ 5초 간격으로 밝기를 측정하여 LED를 제어한다.

Lab7-3: 빛의 밝기에 따라 LED On/Off

12

회로 구성.

- 조도 센서의 한쪽은 Nucleo board의 A0에,
다른 한쪽은 VCC(3V3)에 연결
- 저항(10k)의 한쪽은 Nucleo board의 A0에,
다른 한쪽은 GND에 연결



fritzing