



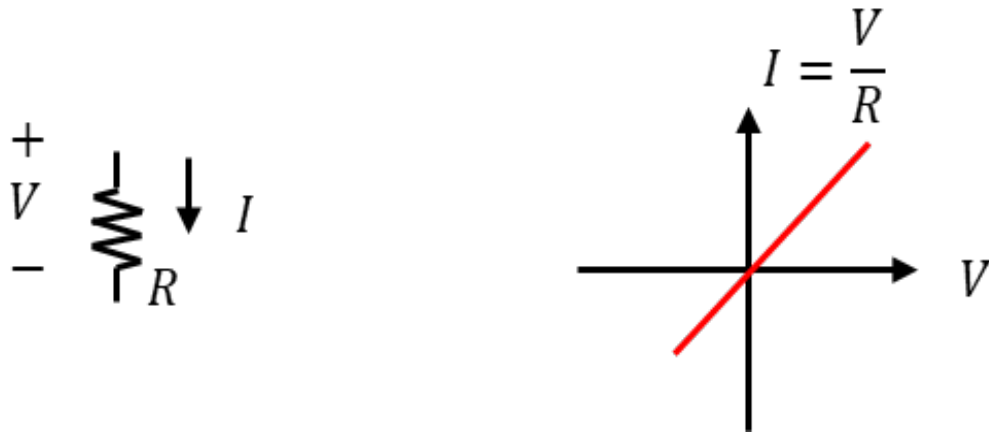
# RC 회로

**Shinwoong Kim**

# 저항

## • 저항(R)의 터미널 특성

- ✓ 저항 양단에 인가된 전압(V) 저항에 흐르는 전류(I)는 다음과 같은 관계를 가짐

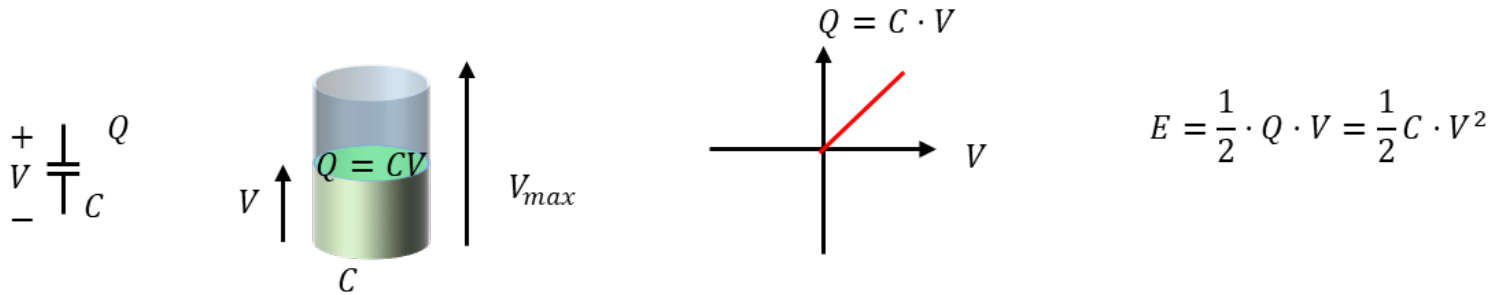


$$V = I \cdot R \text{ (A)}, \quad I = \frac{V}{R} \text{ (A)}, \quad R = \frac{V}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$$

# 커패시터

## • 커패시터(C)의 터미널 특성

- ✓ 커패시터는 전하(Q)를 저장하는 소자
- ✓ 커패시터에 저장되는 전하의 양 Q는 인가한 전압(V)에 비례
  - 커패시턴스 C는 전압의 비례 상수가 됨



$$Q = C \cdot V \text{ (C)}, \quad C = \frac{Q}{V} \text{ (F)}, \quad V = \frac{Q}{C} \text{ (V)}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \rightarrow i = \frac{d}{dt} (Cv) \rightarrow i = C \frac{dv}{dt}$$

\*전류의 정의

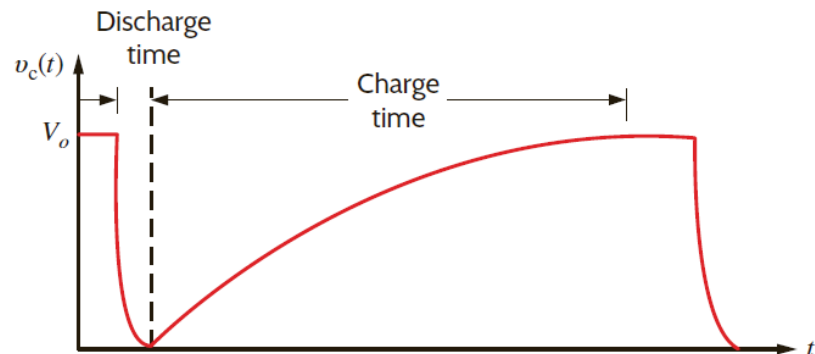
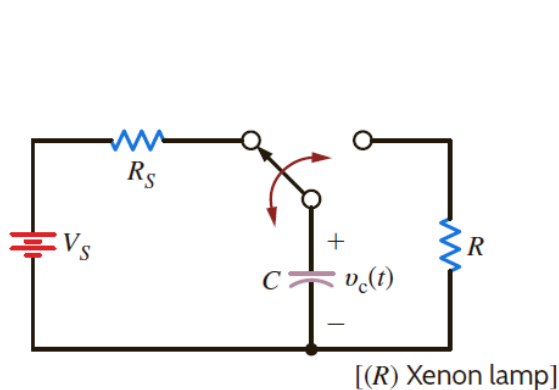
# RC 회로

## • 저항과 커패시터로 이루어진 1차 회로

- ✓ 1차 회로: 저항과 한 개의 에너지 저장 소자로 이루어진 회로
- ✓ 외부의 자극에 대해 출력이 정상상태(Steady state)에 도달하기 위한 과도 응답 (Transient response)이 나타나게 됨

## • 커패시터의 충전과 방전의 예

- ✓ 전원이 공급되면 커패시터에 전하가 쌓이며 전압이 증가 (충전)
- ✓ 전원이 차단되면 커패시터에 쌓였던 전하가 저항을 통해 방전되며 전압이 감소



# RC 회로 해석

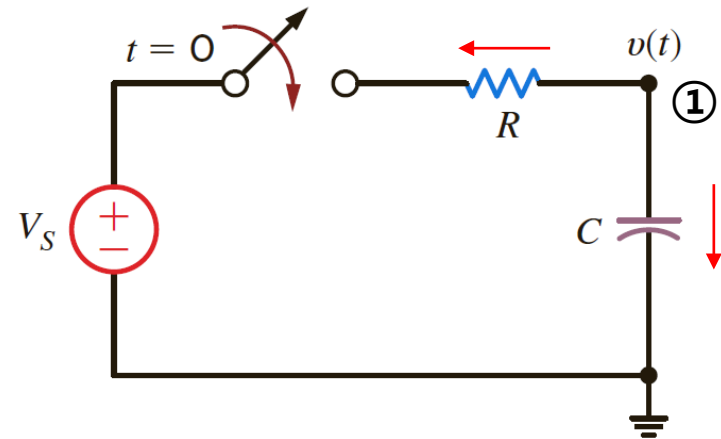
## • 시간 영역 해석

$t=0$ 에서 스위치를 닫는다고 했을 때,  
노드 '①'에서 KCL (키르히호프의 전류 법칙)을  
적용하면,

$$C \frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t) - V_S}{R} = 0$$

$$\frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t)}{RC} = \frac{V_S}{RC}$$

→ 회로 응답은 1차 미분 방정식의 형태를 갖게 됨



## • 1차 미분방정식

$$\frac{dx(t)}{dt} + ax(t) = f(t)$$

✓ 1차 미분 방정식의 일반해

▪ 특수해 + 보조해

$$x(t) = x_p(t) + x_c(t)$$

▪ 특수해(강제응답)

$$\frac{dx_p(t)}{dt} + ax_p(t) = A$$

▪ 보조해(동차해)

$$\frac{dx_c(t)}{dt} + ax_c(t) = 0$$

$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-t/\tau}$$

# RC 회로 해석

## • 시간 영역 해석

1차 미분 방정식의 일반해를  
앞서 KCL을 통해 구한 식에 직접 대입하면,

$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-t/\tau}$$

$$\frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t)}{RC} = \frac{V_S}{RC}$$

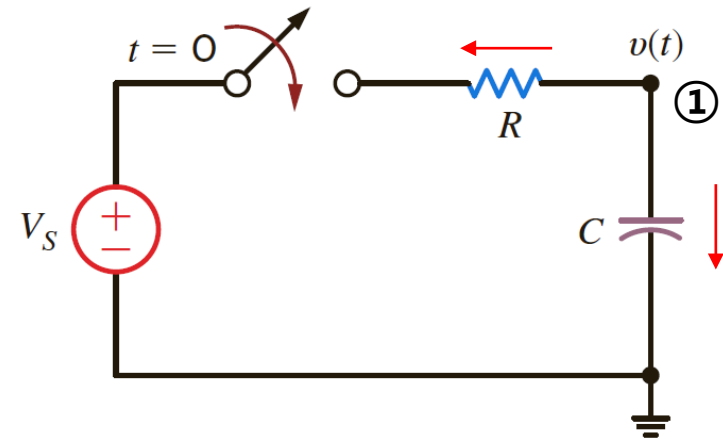
아래와 같이 정리할 수 있고,

$$-\frac{K_2}{\tau} e^{-t/\tau} + \frac{K_1}{RC} + \frac{K_2}{RC} e^{-t/\tau} = \frac{V_S}{RC}$$

양변의 수식이 성립하기 위해서는  $K_1$ 과  $\tau$ 값은  
다음과 같아야 함

$$\begin{aligned} K_1 &= V_S \\ \tau &= RC \end{aligned}$$

시정수  
Time constant



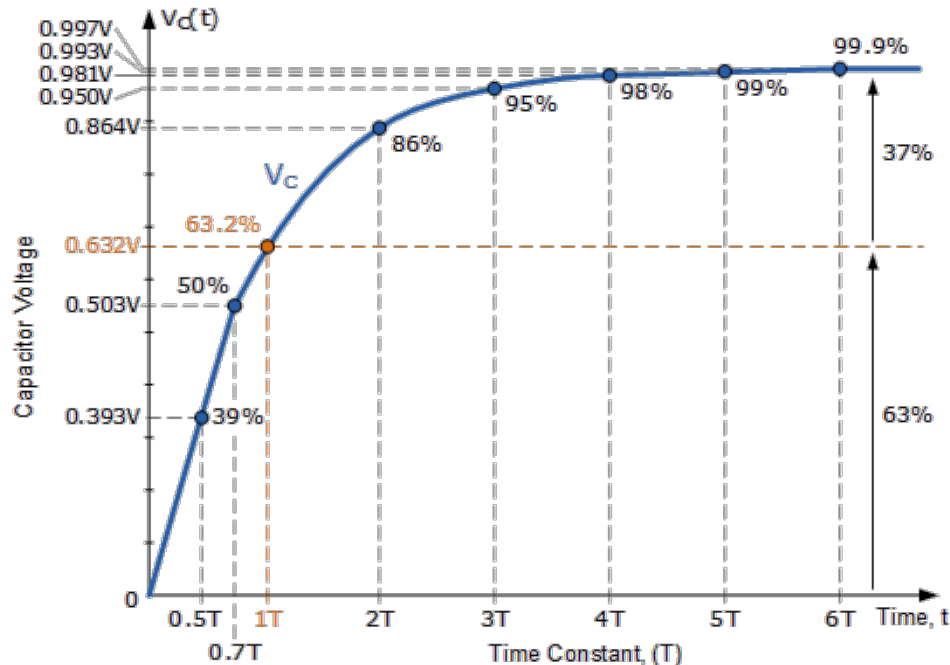
커패시터 양단의 초기 전압을  
0V라고 가정 한다면

∴ 스위치를 닫을 때, 커패시터  
에 충전되는 전압의 응답은 아  
래와 같음

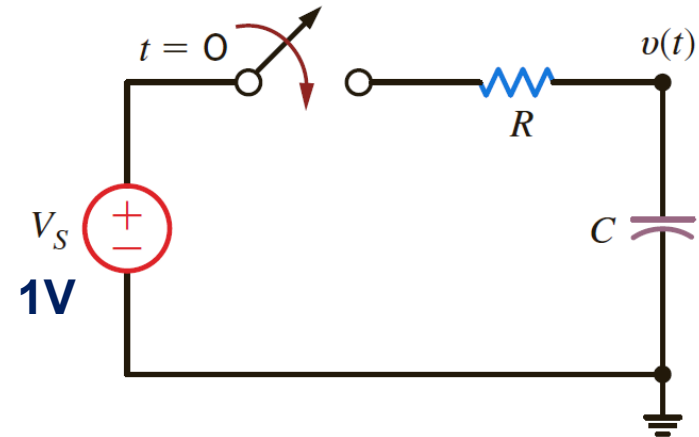
$$v(t) = V_S - V_S e^{-t/RC}$$

# RC 회로 해석

- RC time constant → 과도 응답의 반응 속도를 결정
  - ✓ RC회로의 과도 응답에서 source 전압의 63.2%에 도달할 때까지의 시간 (충전 시)
  - ✓ Cap의 초기 값에서 저항을 통해 방전할 때, 초기 값의 36.8%가 되는 시간 (방전 시)



<https://www.electronics-tutorials.ws/rc/time-constant.html>



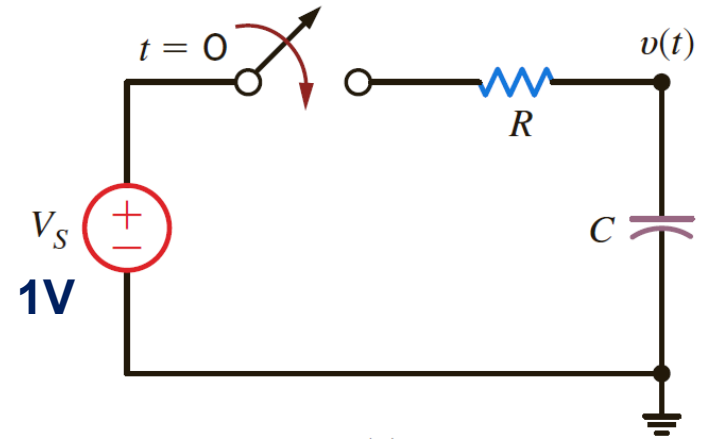
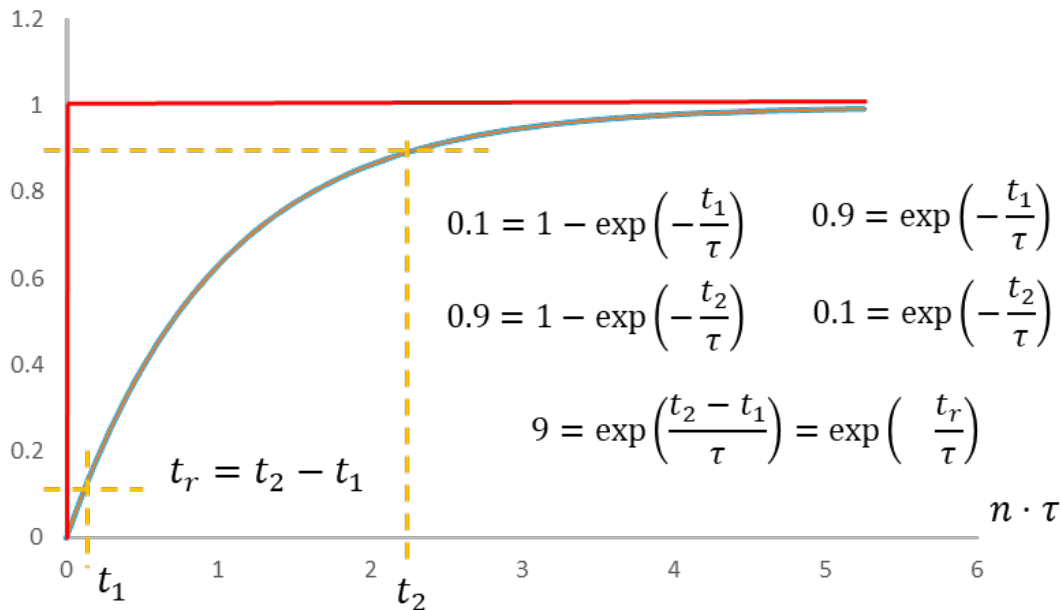
$$v(t) = V_S - V_S e^{-t/RC}$$

# RC 회로 해석

## • Rising time

✓ 출력 전압이 정상상태 전압의 10% 에서 90%인 지점까지 도달하는데 걸리는 시간

$$v(t) = V_S - V_S e^{-t/RC}$$



$$t_r = t_2 - t_1 = \tau \cdot \ln(9) \approx 2.2 \cdot \tau$$



# 실험 내용

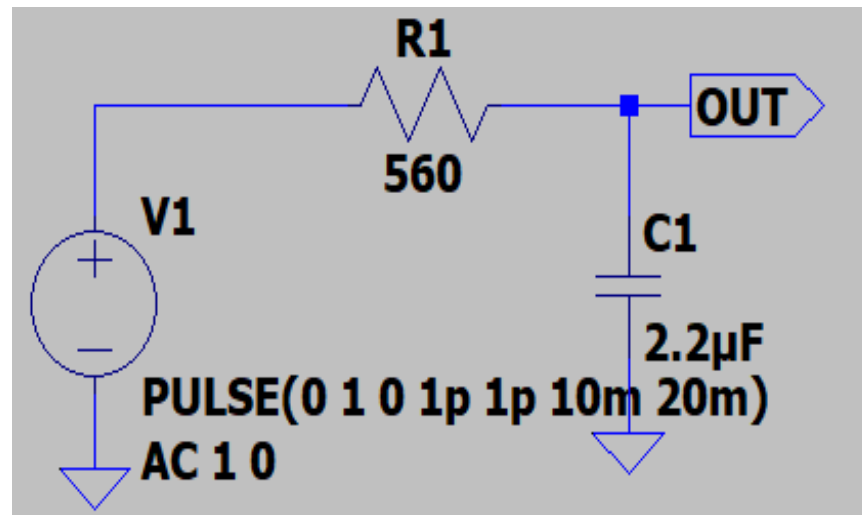
- 회로 구성

- ✓ 저항  $560\Omega$  및 커패시터  $2.2\mu\text{F}$ 을 아래 회로와 같이 구성한다.

- Signal source 구성 (Wavegen 사용)

- ✓ V1은 EEboard의 AWG1에 연결하고 다음과 같이 설정한다.

- 구형파(Saure), 출력 주파수 50Hz, 진폭(amplitude) 0.5V, DC offset 0.5V, Symmetry 50%, phase  $0^\circ$



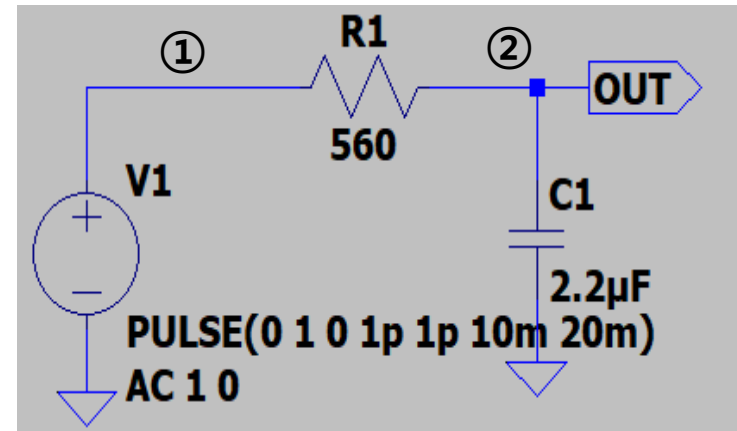
# 실험 내용

## • Oscilloscope 설정

- ✓ Scope의 Channel 1을 노드①에 연결
- ✓ Scope의 Channel 2을 노드②에 연결
- ✓ Scope의 설정은 다음과 같다
  - 세로축 scale: 0.5V/DIV
  - 가로축 scale: 5ms/DIV
  - Trigger: Trigger 소스는 Ch1, Trigger 레벨은 0.5V로 설정

## • 파형 측정

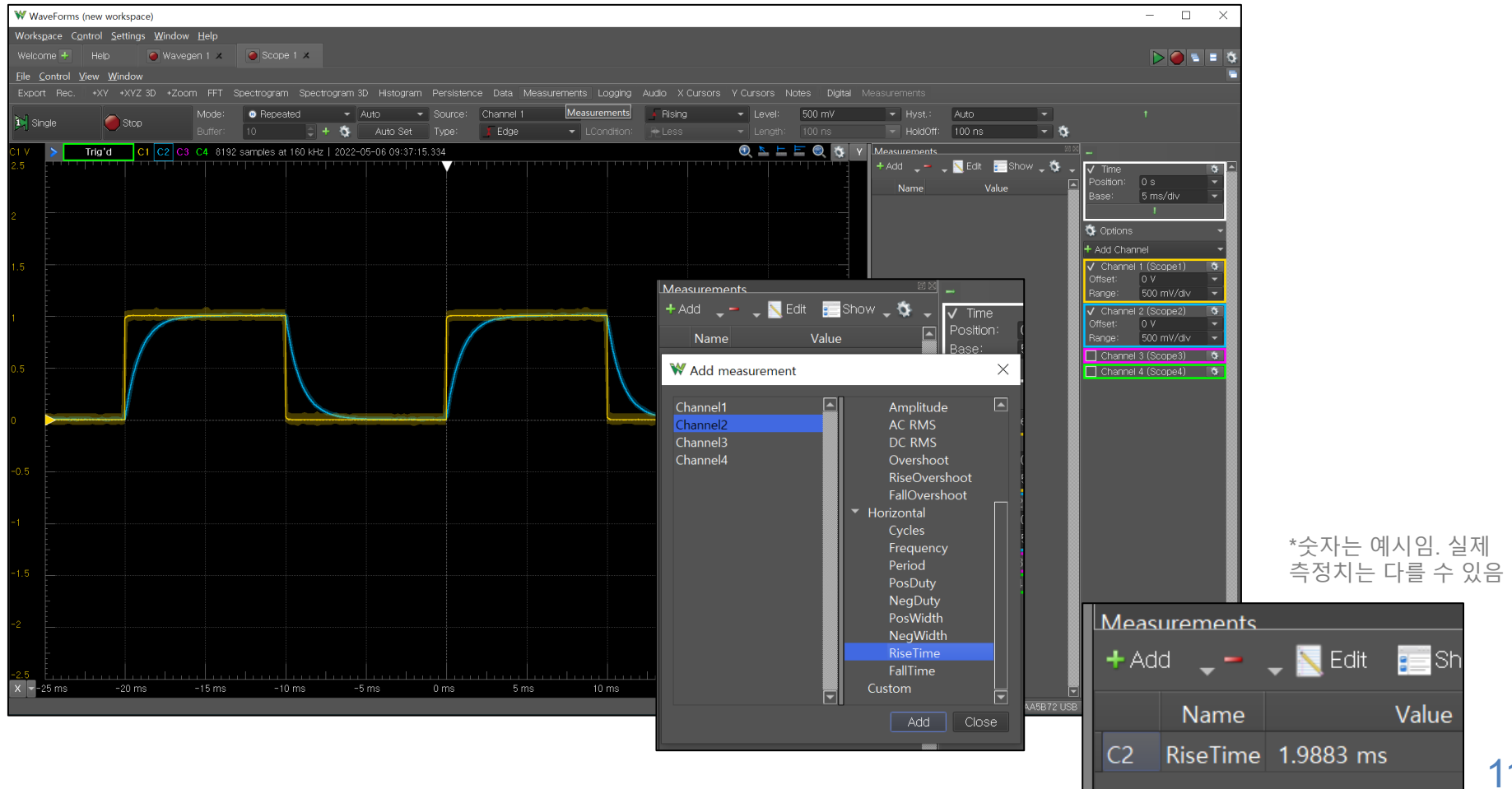
- ✓ <sup>(1)</sup>Scope 상의 파형을 .csv로 저장한다.



# 실험 내용

## • Rising time 측정

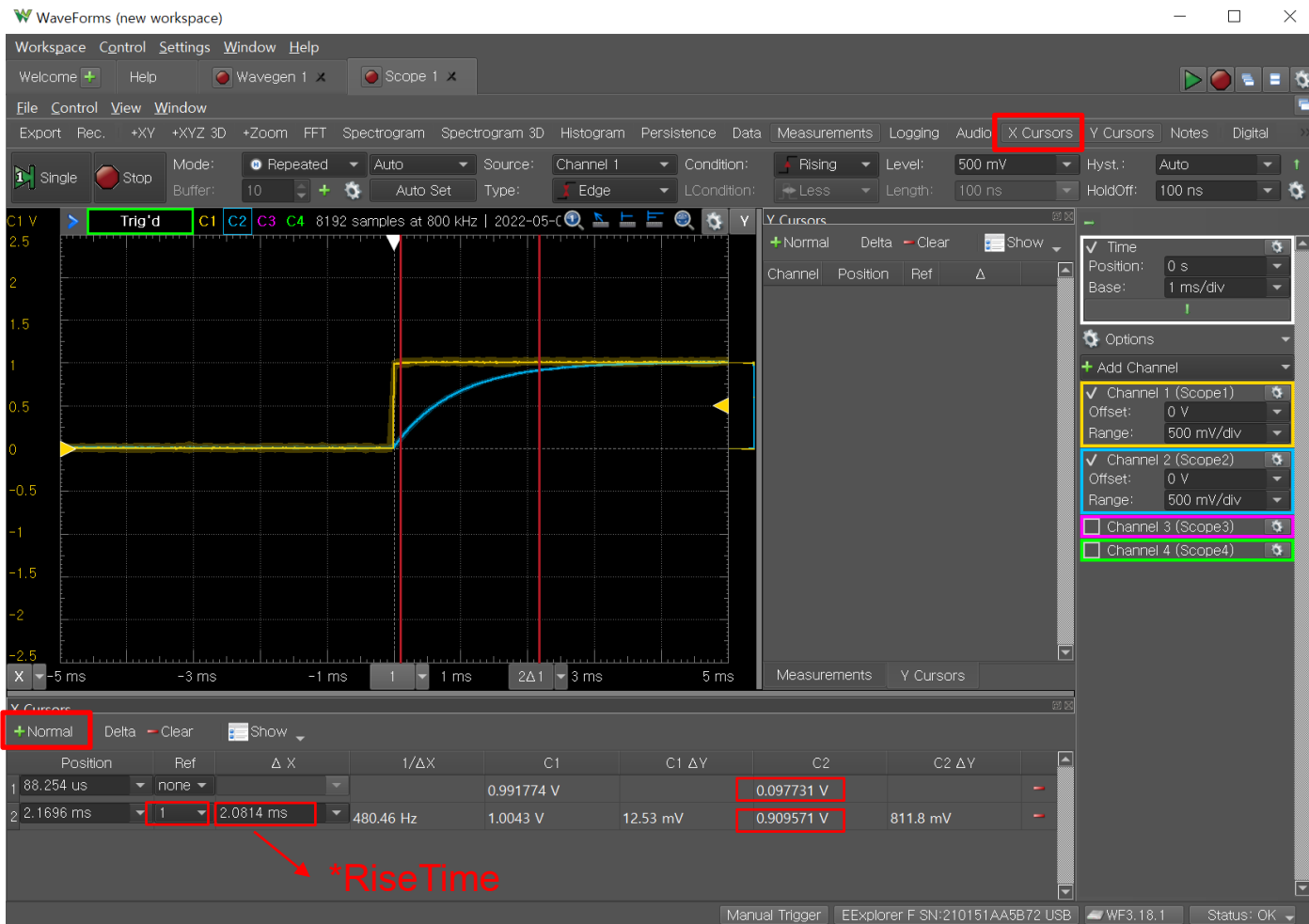
- ✓ 1) Scope의 Measurement 기능을 통해 rising time을 측정



# 실험 내용

## • Rising time 측정

✓ 2) X-Cursor를 이용하여 rising time을 특정



\*Scope의 가로축 scale: 1ms/DIV로 변경

\*숫자는 예시임. 실제 측정치는 다를 수 있음