

전기회로설계및실험 II

한경대학교

한경대학교 전기전자제어공학과
유동상 교수

RC 회로 시상수

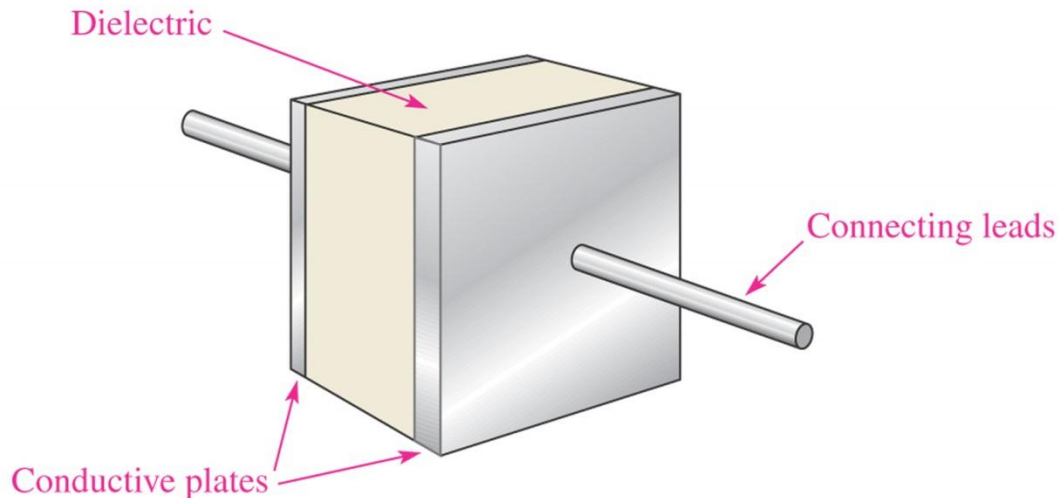
- 강의 목적
 - RC 직렬회로에서 커패시터의 특성과 시상수 (시상수, time constant)의 개념을 이해
 - 저항을 통한 커패시터의 충전 및 방전 시간 확인

커패시터 (Capacitor)

- 개요

- 커패시터는 기본적인 수동소자로 유전체 (dielectric)에 의해 격리된 두 개의 도전판으로 구성
- 커패시턴스 (Capacitance)란 전하를 축적하는 능력으로 전하와 전압의 비로 정의

$$C = \frac{Q}{V}$$



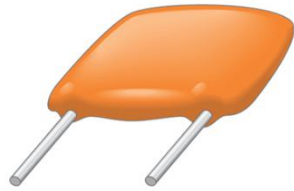
(a) Construction



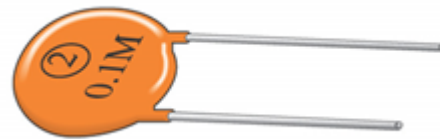
(b) Symbol

커패시터 (Capacitor)

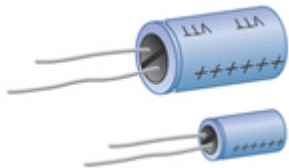
- 커패시터는 수동소자 중 하나로 가장 기본적인 형태는 유전체로 분리된 두 개의 도전판으로 구성되어 있음
- 종류



마이카 커패시터



세라믹 커패시터



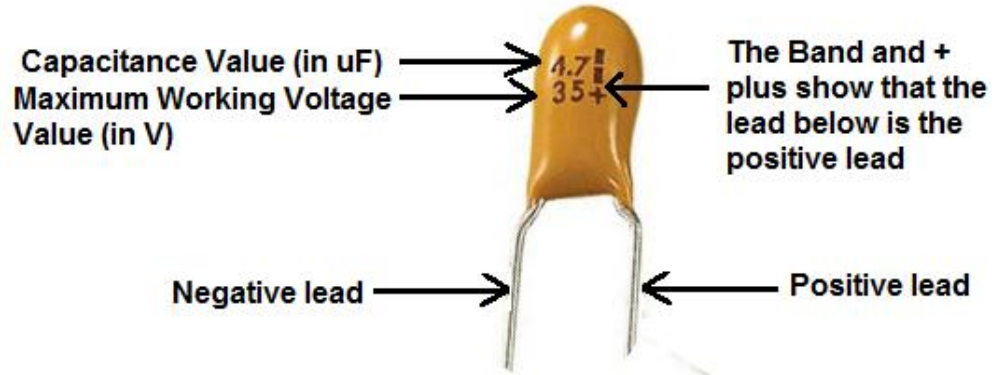
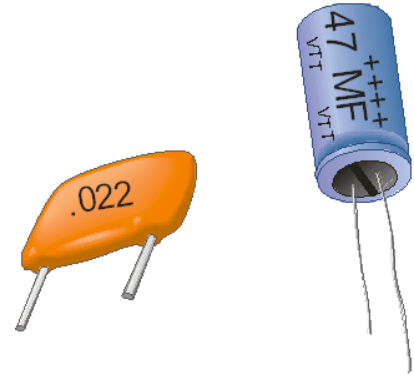
전해질 콘덴서



탄탈 콘덴서

커패시터 (Capacitor)

- 커패시터 용량표시 (Capacitor Labeling)
 - 여러가지 용량표시 방법을 사용
 - 세라믹에서 소수점 이하의 숫자가 단위 없이 표시된 경우 μF 단위를 인식하고, 큰 숫자가 명기된 경우 pF 단위로 인식
 - 전해질에서 MF 또는 MMF는 μF 을 의미
 - 103, 104와 같은 3자리 표기법에서는 3번째 자리수가 승수를 나타내며 단위는 pF
 - 탄탈의 경우



커패시터 (Capacitor)

- 예제



(a)



(b)



(c)



(d)

(a) $0.022 \mu\text{F}$

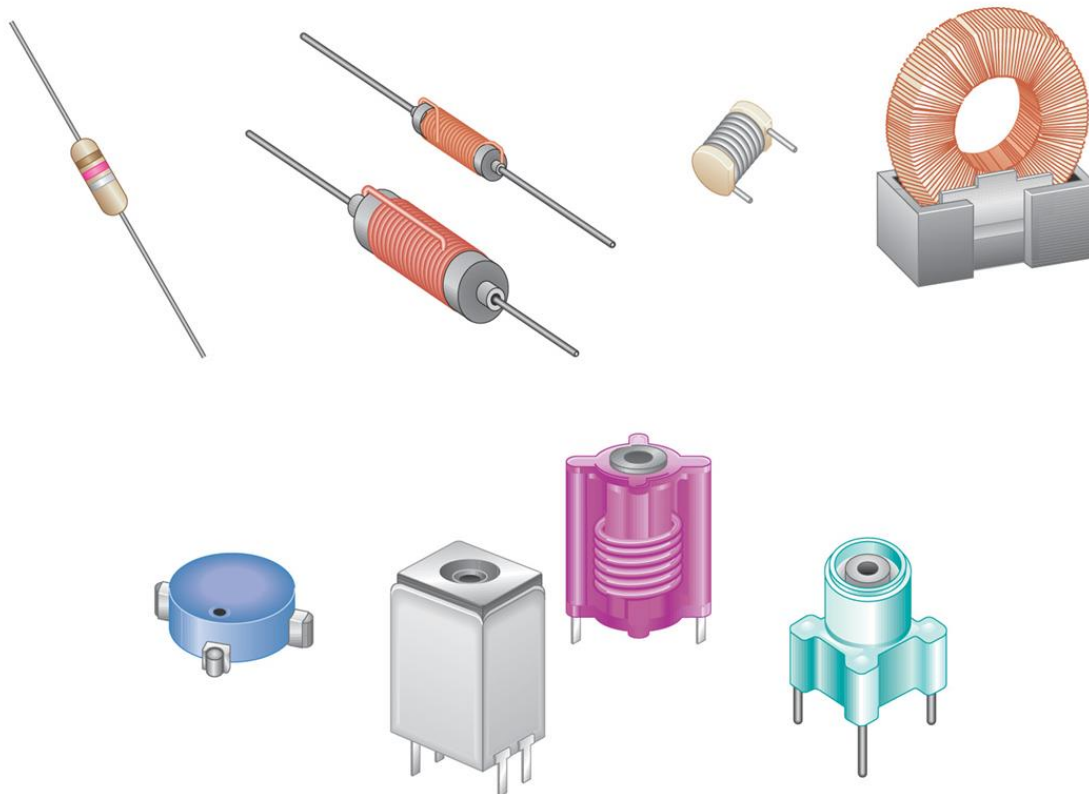
(b) $0.047 \mu\text{F}$

(c) $0.001 \mu\text{F}$

(d) 220 pF

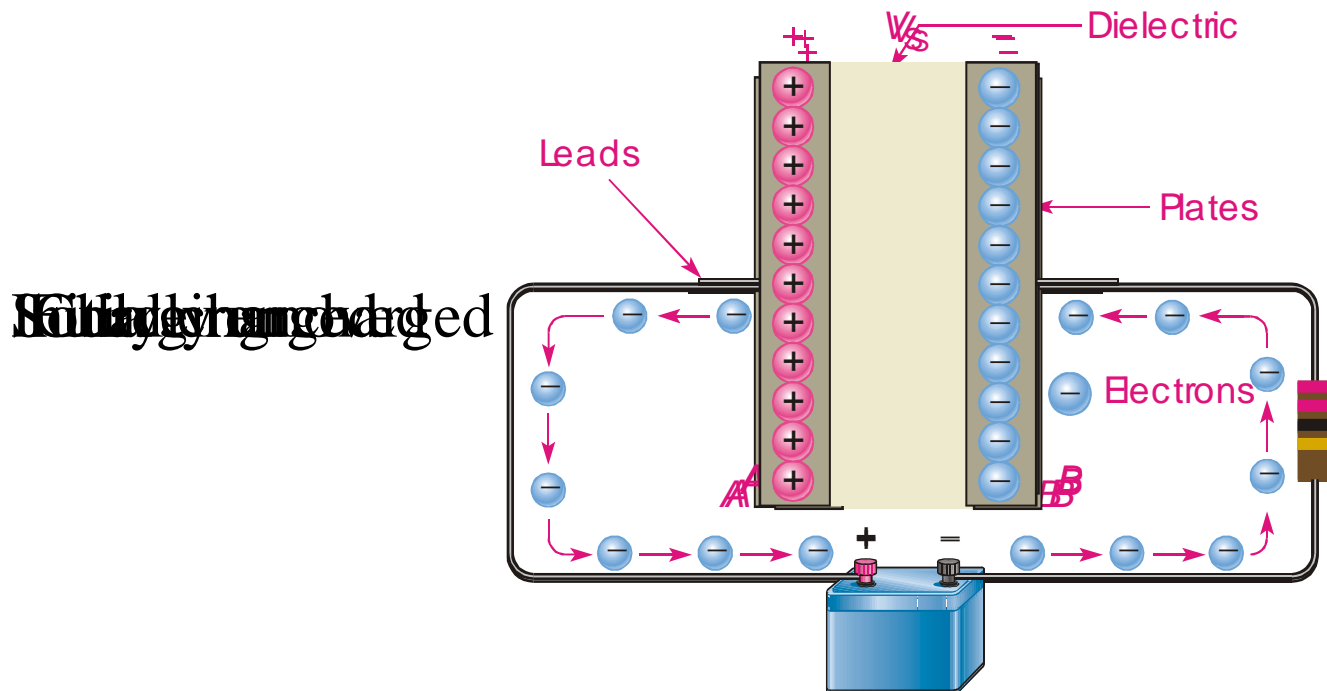
인덕터 (Inductor)

- 인덕터는 수동소자 중 하나로 가장 기본적인 형태는 자성체에 코일을 감는다
- 종류



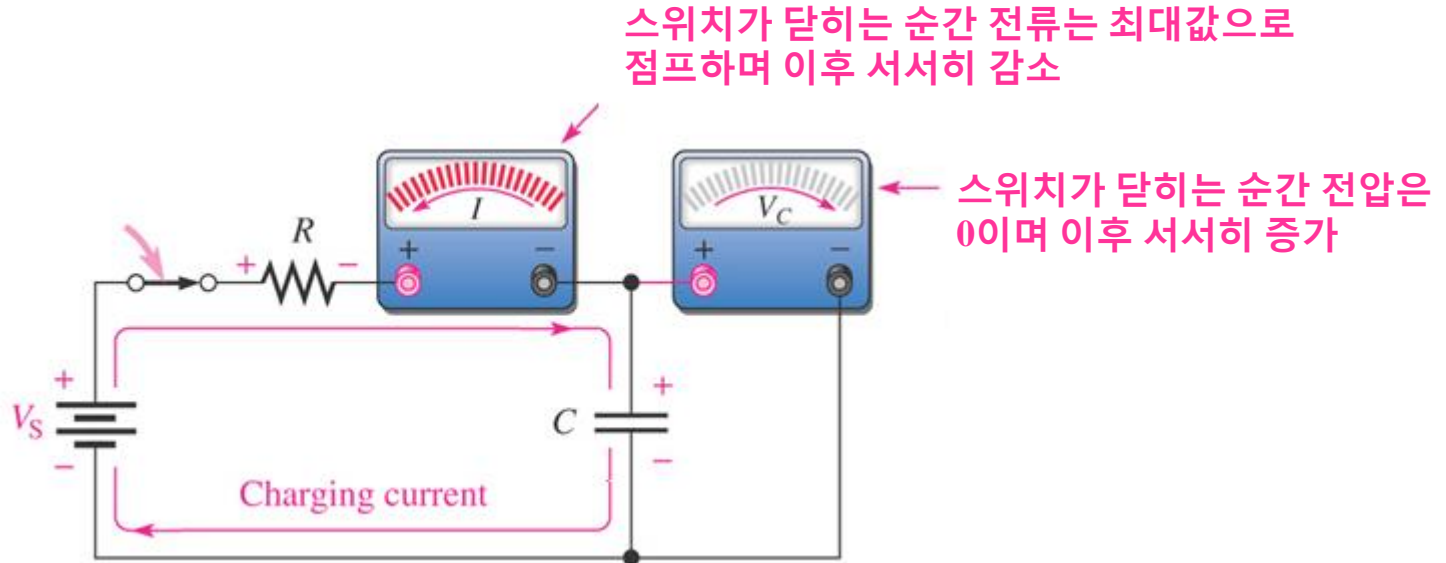
커패시터 (Capacitor)

- 충전 과정
 - 전하가 충전된 커패시터는 일시적인 배터리 (전지)처럼 작동

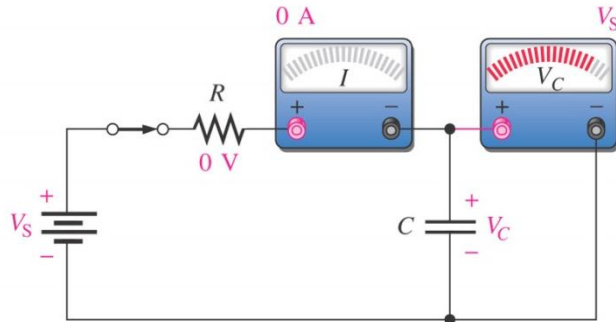


RC 회로 충·방전

- 충·방전 과정에서의 전류와 전압



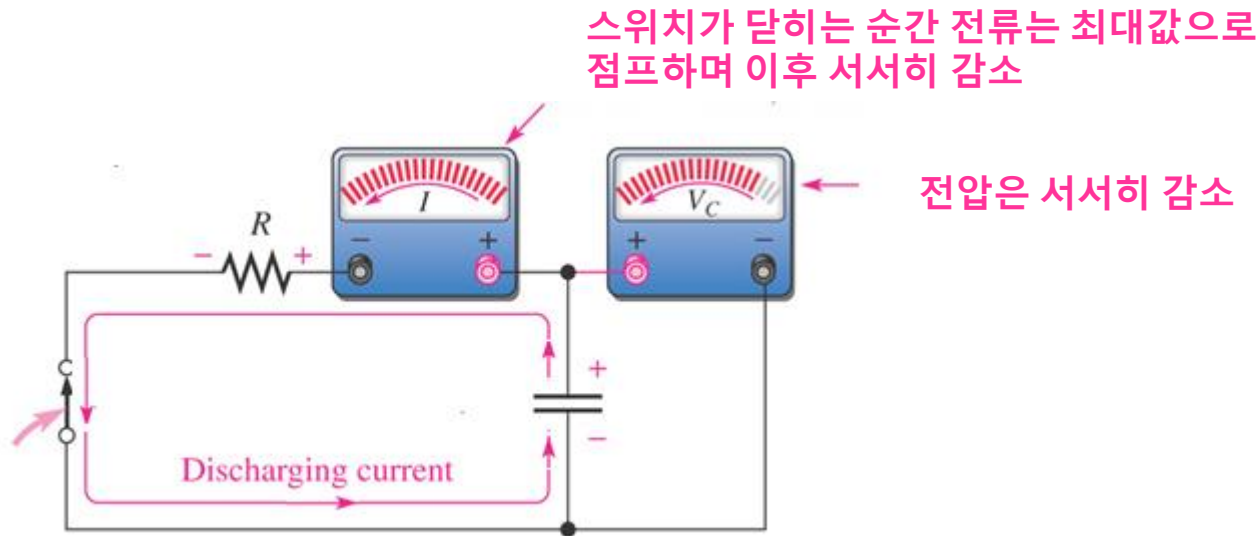
- 충전 진행



- 충전 완료

RC 회로 충·방전

- 충·방전 과정에서의 전류와 전압

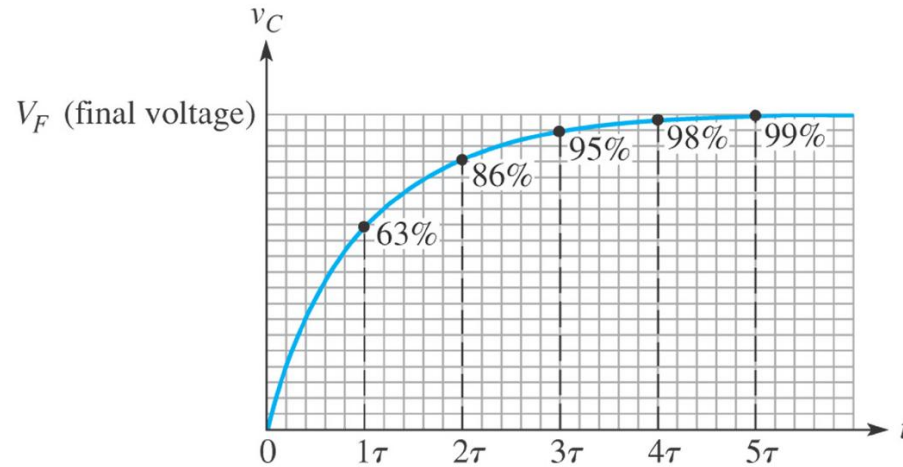


- 방전 진행

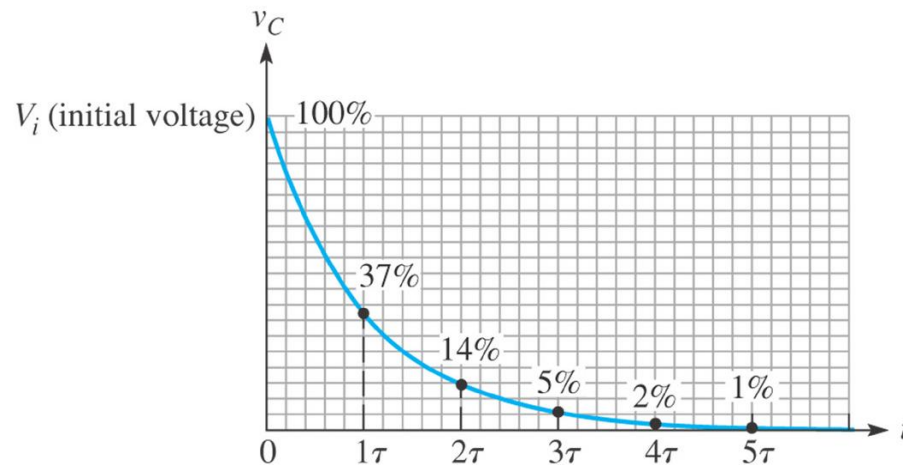
- 직렬 RC 회로에서의 시상수 (시정수, Time Constant)
 - 커패시터에 충전되는 전압이 인가전압의 63.2%가 되는 시간
 $\tau = RC$ [sec]

RC 회로 충·방전

- 충·방전 곡선



(a) 최종 전압에 대한 백분율 충전 곡선



(b) 초기 전압에 대한 백분율 방전 곡선

RC 회로 충·방전

- 일반적인 충·방전 방정식

$$v_C = V_F + (V_i - V_F)e^{-\frac{t}{\tau}} = V_F + (V_i - V_F)e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i_C = I_F + (I_i - I_F)e^{-\frac{t}{\tau}} = I_F + (I_i - I_F)e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_R = Ri_C = RI_F + R(I_i - I_F)e^{-\frac{t}{RC}}$$

- 0전압으로부터 충전

$$v_C = V_F + (0 - V_F)e^{-\frac{t}{\tau}} = V_F(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = V_F(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$i_C = C \frac{dv_C}{dt} = \frac{CV_F}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{V_F}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_R = Ri_C = R \frac{V_F}{R} e^{-\frac{t}{RC}} = V_F e^{-\frac{t}{RC}}$$

RC 회로 충·방전

- 일반적인 충·방전 방정식

$$v_C = V_F + (V_i - V_F)e^{-\frac{t}{\tau}} = V_F + (V_i - V_F)e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i_C = I_F + (I_i - I_F)e^{-\frac{t}{\tau}} = I_F + (I_i - I_F)e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_R = Ri_C = RI_F + R(I_i - I_F)e^{-\frac{t}{RC}}$$

- 0전압으로 방전

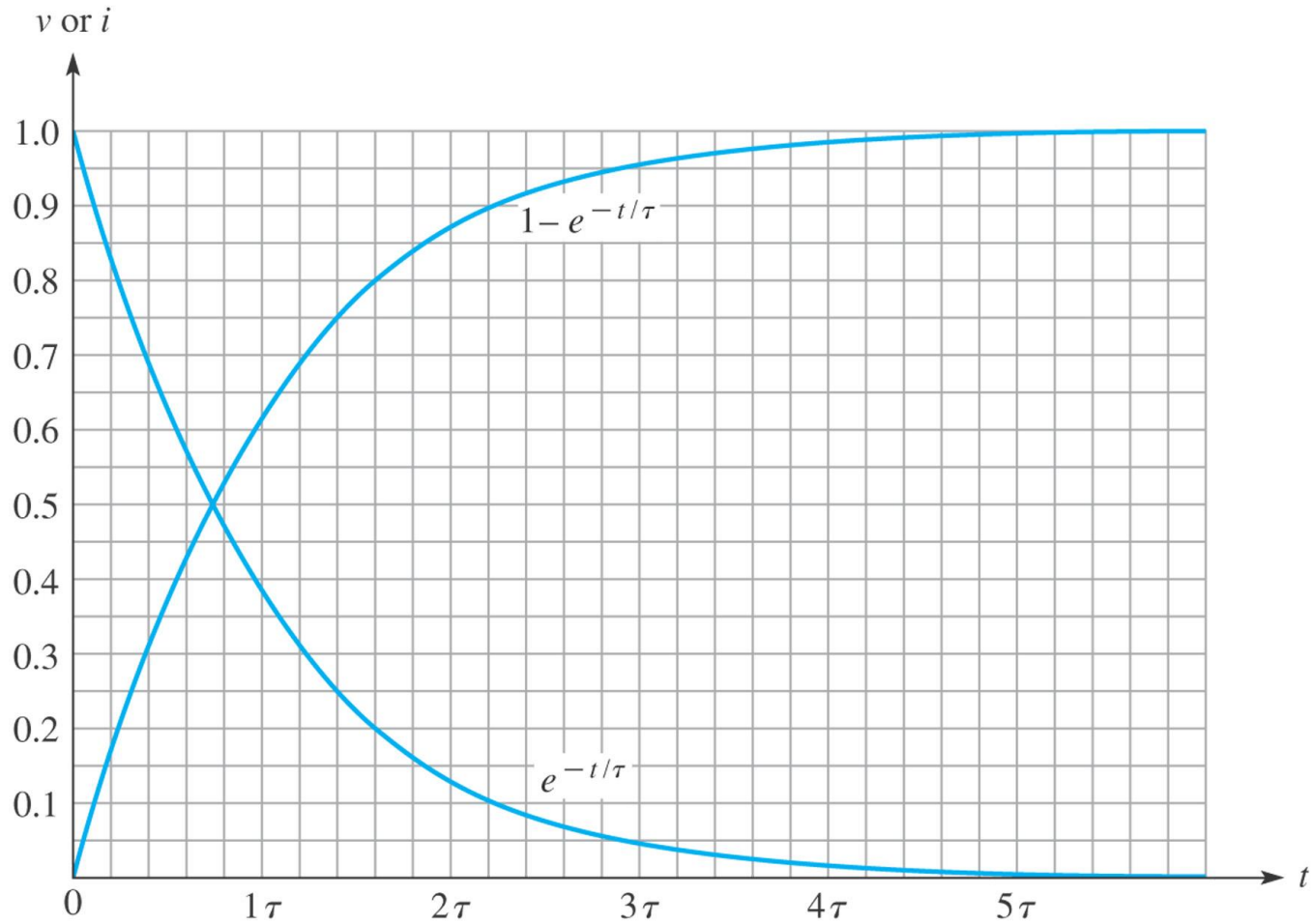
$$v_C = 0 + (V_i - 0)e^{-\frac{t}{\tau}} = V_i e^{-\frac{t}{\tau}} = V_i e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i_C = C \frac{dv_C}{dt} = -\frac{CV_i}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{V_i}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_R = Ri_C = -R \frac{V_i}{R} e^{-\frac{t}{RC}} = -V_i e^{-\frac{t}{RC}}$$

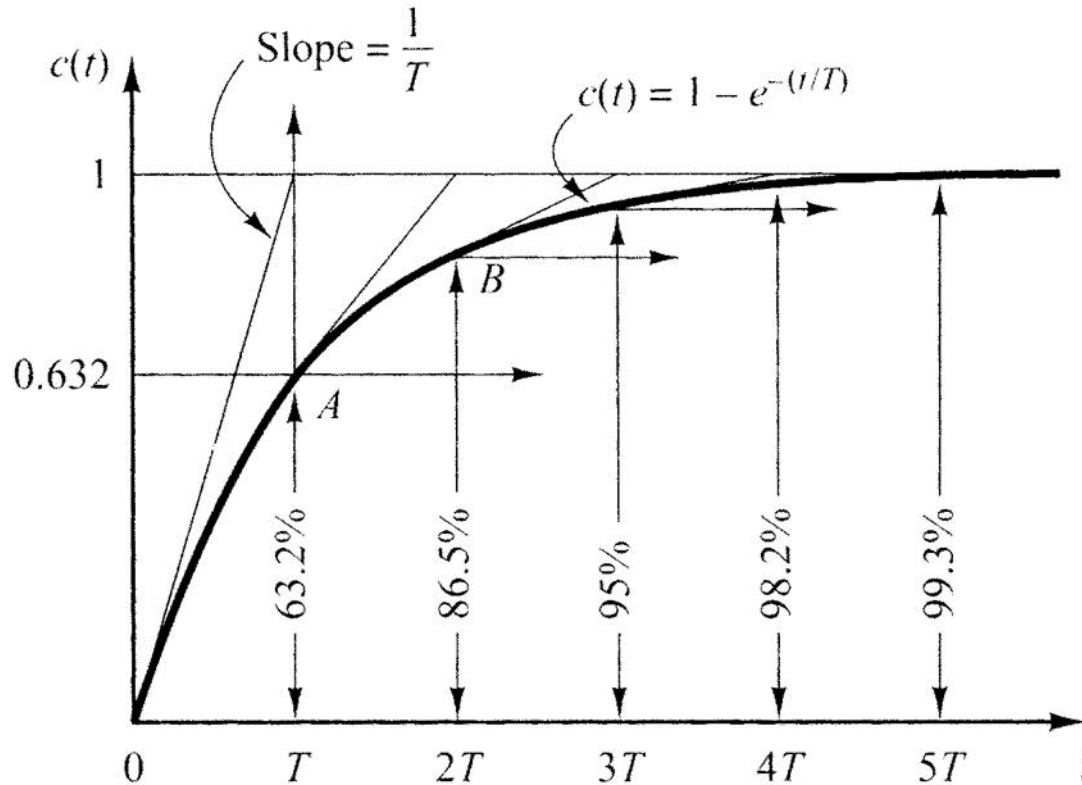
RC 회로 충·방전

- 일반적인 충·방전 그래프



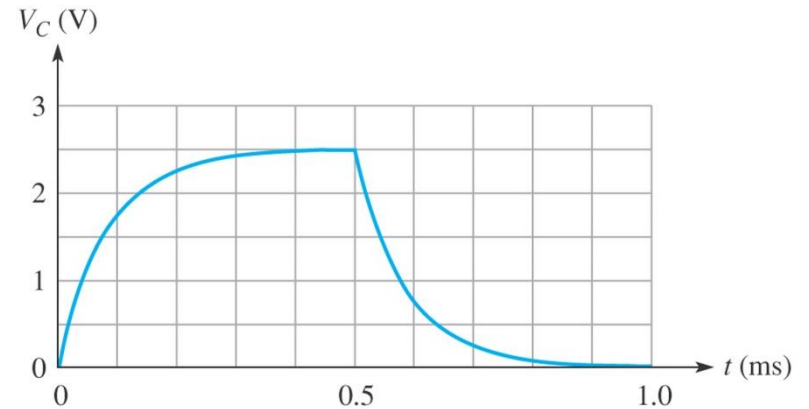
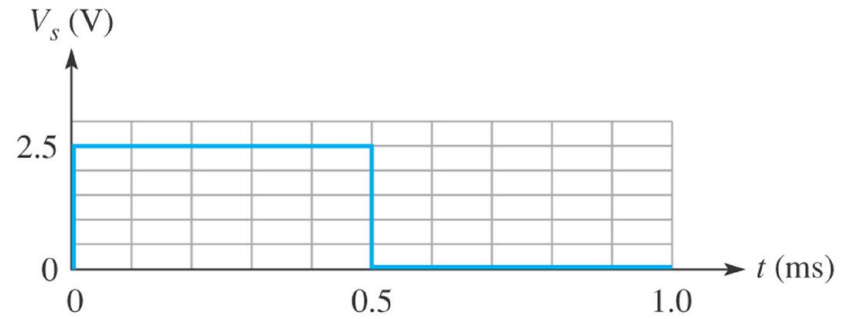
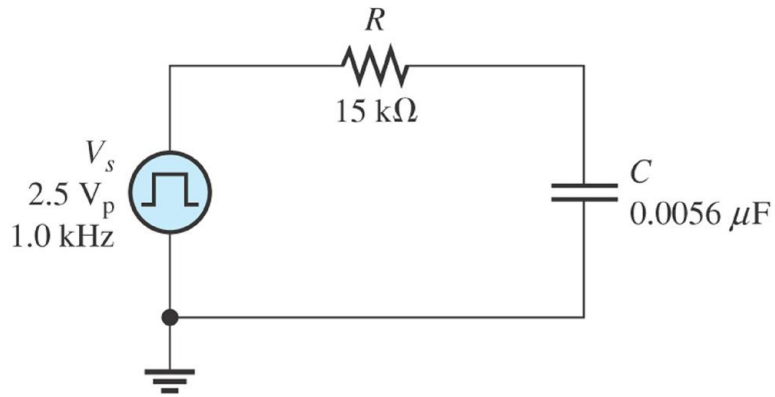
RC 회로 충·방전

- 시상수에 따른 파형의 크기 비교



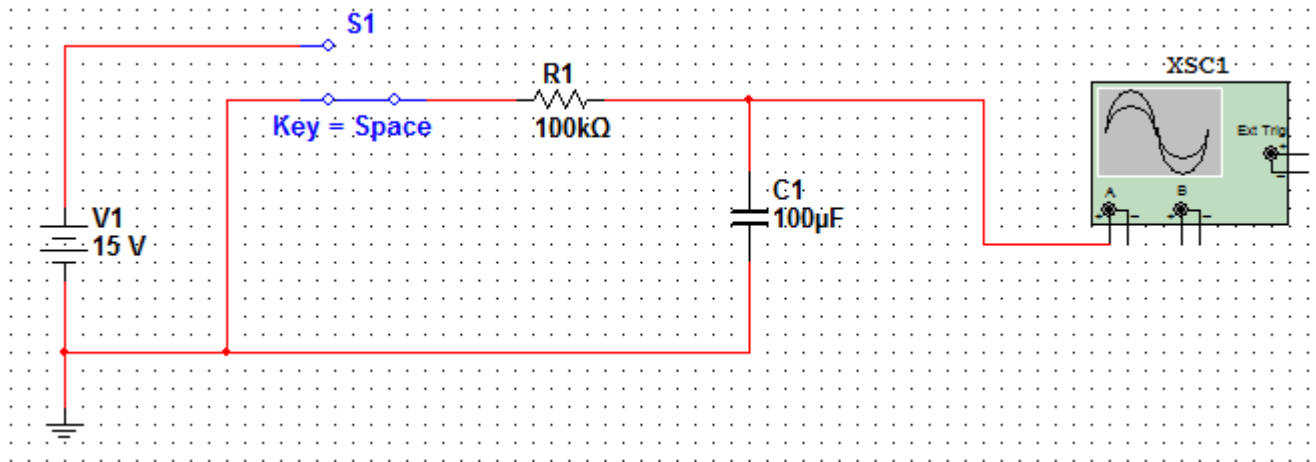
RC 회로 충·방전

- 구형파 (Square Wave) 입력에 대한 응답

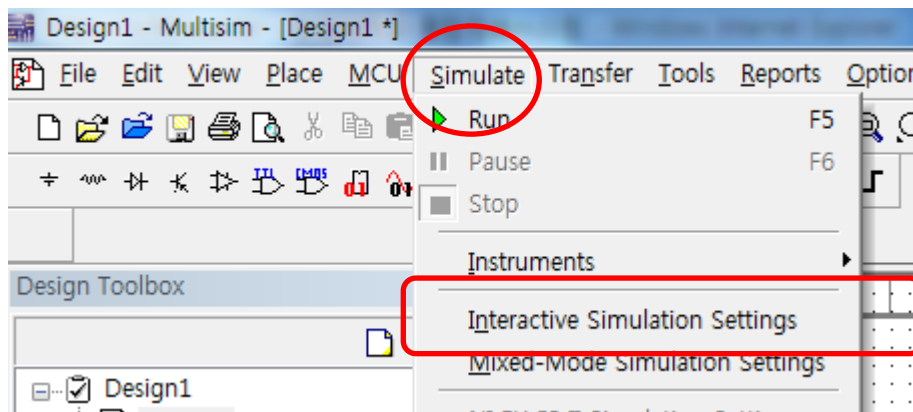


RC 회로 충·방전 시뮬레이션

1. 실험 회로를 그린다.
2. 스위치는 SPDT (single pole double throw) 이용
3. 스코프는 일반 스코프 이용

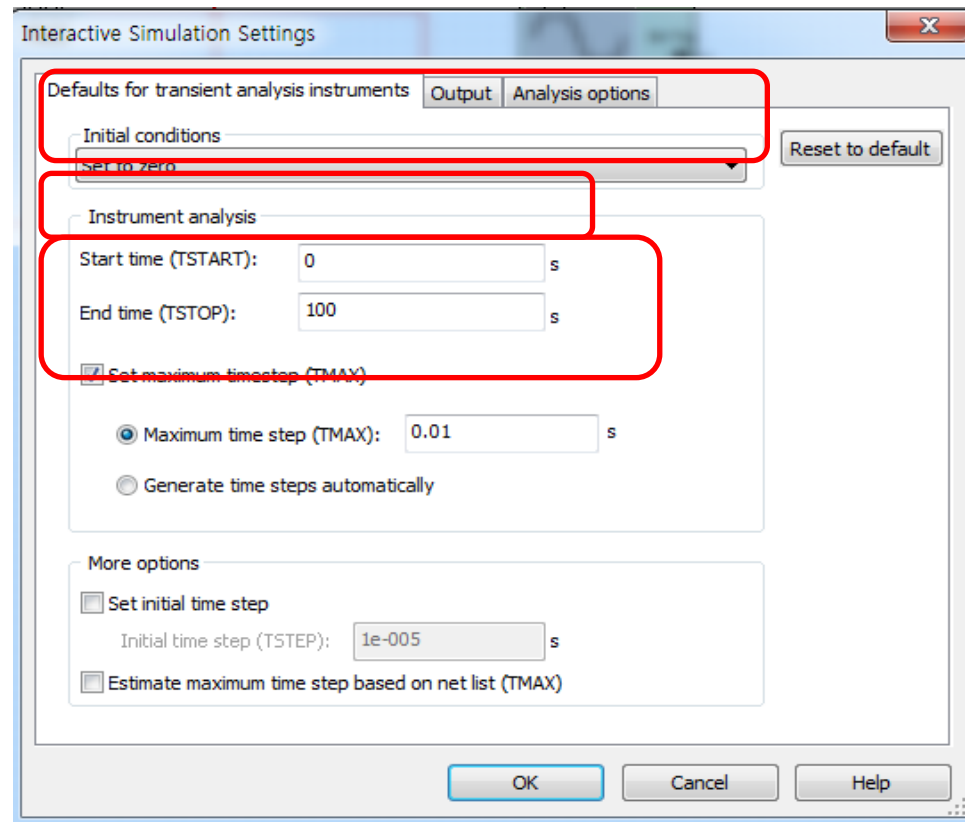


4. 시뮬레이션 조건 설정을 위해 Simulate > Interactive Simulation Setting 선택



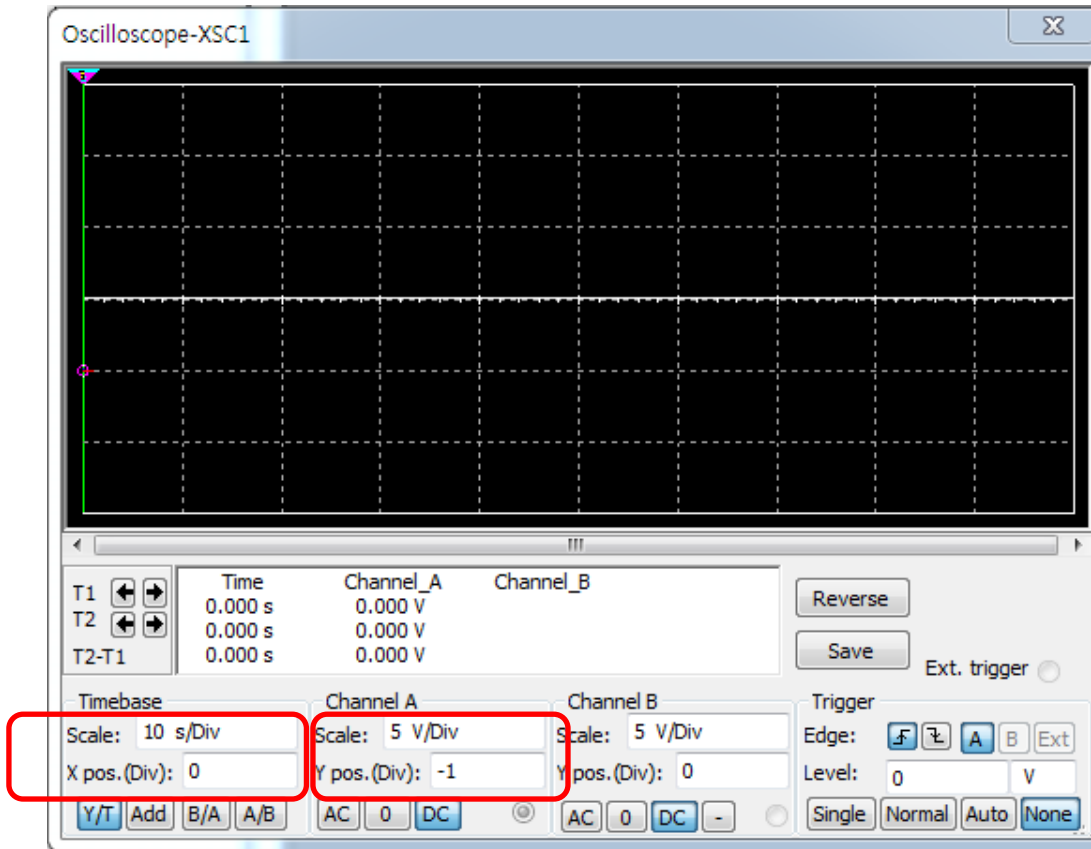
RC 회로 충·방전 시뮬레이션

5. 예상되는 시정수에 맞춰 시뮬레이션 시간을 10배 정도로 설정 (시정수의 5배 정도 지나면 커패시터에 완전히 충전되므로 방전시간까지 고려해서 시정수의 10배로 설정) 예) 시정수가 10초이면 100초로 설정
6. 타임스텝도 너무 작으면 계산량이 많아 디스플레이가 힘드므로 0.01초로 설정 (선형시스템이므로 타임스텝이 조금 커도 오차가 발생하지 않음)
7. 초기조건은 “set to zero”로 설정하여 0부터 충전하도록



RC 회로 총 · 방전 시뮬레이션

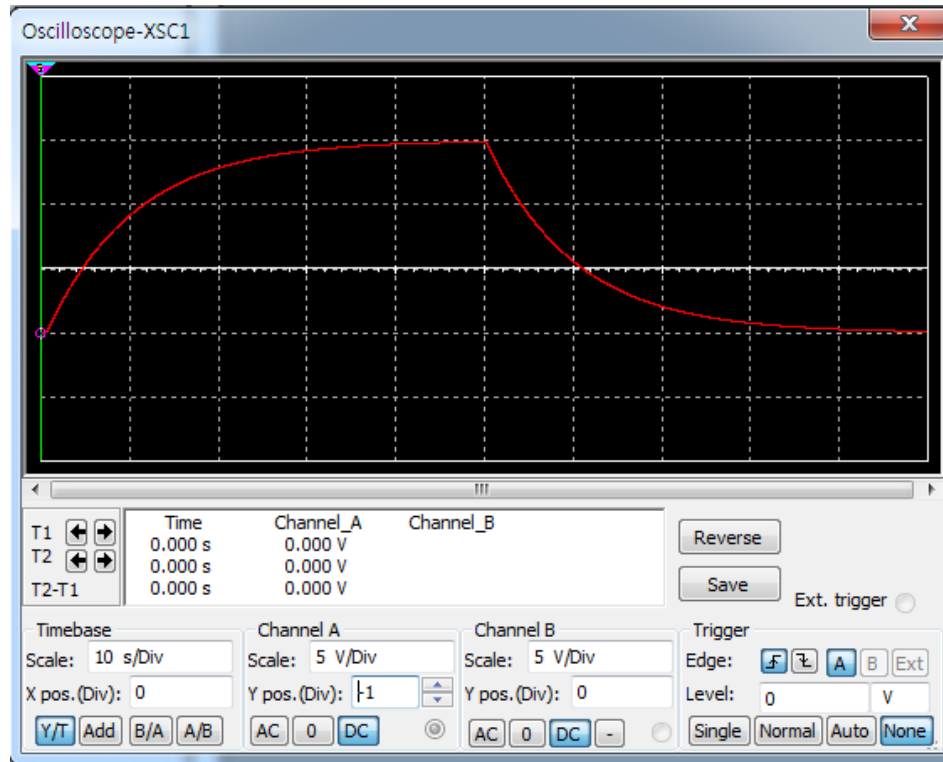
7. 스킵을 더블클릭하여 시간축과 크기축을 설정
시뮬레이션 시간을 100초로 설정하였으므로 한 화면에서 파형을 관찰하기
위해 Scale을 한 눈금당 10s/Div으로 설정
크기는 입력을 고려해서 Scale은 한 눈금당 5v/Div로, Y. Pos는 한 눈금 아
래로 설정



RC 회로 충·방전 시뮬레이션

8. 시뮬레이션 수행

- 스타트 버튼을 누르기 전에 스위치를 “space”키를 눌러 접지쪽으로 연결
- 스타트 버튼을 눌러 시뮬레이션을 시작
- 즉시 “space”를 눌러 전원쪽으로 스위치를 연결
- 스코프를 보면 완전히 충전 (시정수 5배)이 되면 스위치를 접지로 연결
- 방전되는 과정 관찰



오늘의 실험

- 다음과 같은 회로를 구성하고, 오실로스코프를 이용하여 충방전 실험을 수행
 - 시상수를 고려하여 오실로스코프의 수평축 (시간축) 눈금 설정
 - 인가 전압의 크기를 고려하여 채널 1의 수직축 눈금 설정
 - 스위치를 전원과 연결한 후 계산된 시상수의 5배가 될 때까지 관찰 (usb를 이용하여 화면 저장)
 - 스위치를 접지와 연결한 후 시상수의 5배가 될 때까지 관찰 (usb를 이용하여 화면 저장)
 - 저항 및 커패시터를 바꿔 가면서 똑같은 실험 수행

