

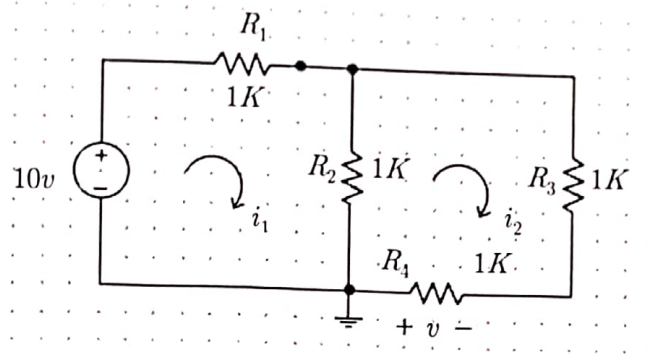


$$\text{Mesh 1 : } -V_{g1} + R_1 i_1 + R_4(i_1 - i_2) = 0$$

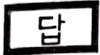
$$\text{Mesh 2 : } -R_4(i_1 - i_2) + R_2 i_2 + R_5(i_2 - i_3) = 0$$

$$\text{Mesh 3 : } -R_5(i_2 - i_3) + R_3 i_3 + V_{g2} = 0$$

2. 다음 회로에서 i_1 , i_2 , v 를 구하시오.



[그림 2.27] 회로의 예



$$i_1 = 6\text{mA}, i_2 = 2\text{mA}, v = -2\text{V}$$

2.8 RC 시상수

커패시터는 두 금속판 사이에 절연물질이 있는 소자이다. 전기가 통하게 되면 금속판에 전하가 생겨 전기장을 형성하고 전압강하를 생성하게 된다. 커패시터는 에너지를 저장할 뿐만 아니라 교류를 통과시키고 직류를 통과시키지 않는 널리 사용되는 소자이다. 커패시터는 용도에 맞도록 충전과 방전을 반복한다. 충전이란 커패시터가 전자인 음전하를 저장하는 것을 말하고 방전이란 전자를 방출하는 것을 말한다. 커패시터에는 극성이 있는 전해 커패시터가 있는데 다리가 긴 쪽이 양극이고 짧은 쪽이 음극이다. 극성이 있는 커패시터를 사용 시에는 극성에 주의하여야 한다.

2.8.1 충전

다음 회로를 고려해 보자. 커패시터를 충전하는 전원이 있고 저항과 커패시터가 병렬로 연결되어 있다. 1번의 스위치가 닫히는 순간에는 커패시터는 단락된 것처럼 작동한다. 하지만 스위치가 계속 닫혀 있으면 커패시터는 충전되기 시작한다.

충분한 시간동안 충전한 다음에 커패시터에는 v_s 만큼의 전압이 충전된다. 스위치가 열렸을 때 KCL을 적용하면 다음과 같다. 그렇다면 충전되는 시간은 어떻게 구할 수 있을까?

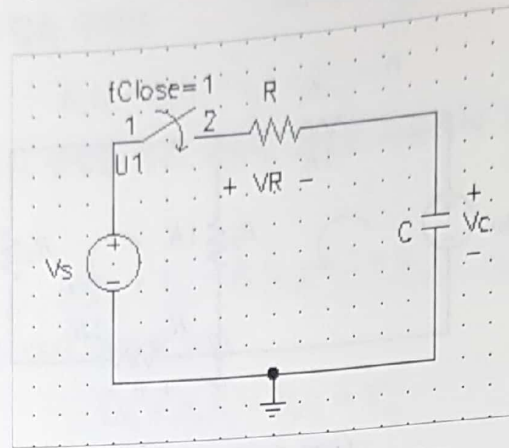
(2.44)

$$v_s(t) = v_R(t) + v_c(t)$$

커패시터의 전압은 다음과 같이 전원에서 방전된 전압을 빼면 된다.

(2.45)

$$v_c(t) = v_s(t) - v_R(t) = v_s - RAe^{-\frac{1}{RC}t}$$



[그림 2.28] 커패시터의 충전 회로

여기서 전원은 직류이므로 $v_s(t) = V_0$ 라 하면 $v_s(0) = V_0$, $i(0) = \frac{V_0}{R} = A$ 가 된다. 왜냐하면 초기에 커패시터는 단락된 것처럼 작동하기 때문이다. 식 (2.45)에 대입하면 다음과 같다.

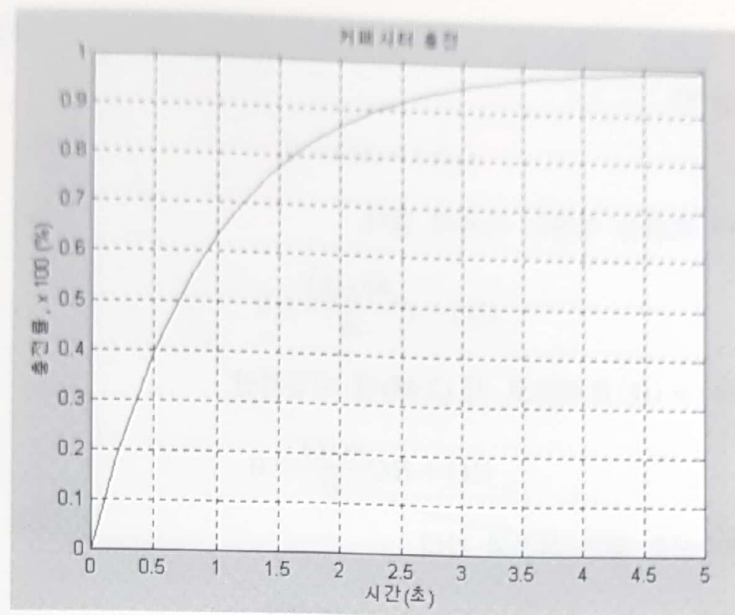
(2.46)

$$v_c(t) = v_s(t) - v_R(t) = V_0(1 - e^{-\frac{1}{RC}t})$$

Matlab 예제 2.1 커패시터의 충전

예로 $R = 1M\Omega$ 이고 $C = 1\mu F$ 일 때 시상수는 $\tau = 10^6 \cdot 10^{-6} = 1$ 초이다. 충전과정을 그림으로 그려보면 다음 그림 2.29와 같다.

```
t = [0:0.1:5];
tau = 1;
vc = 1*(1-exp(-t));
plot(t,vc)
grid
xlabel('시간(초)')
ylabel('충전률, x 100(%)')
title('커패시터 충전')
```

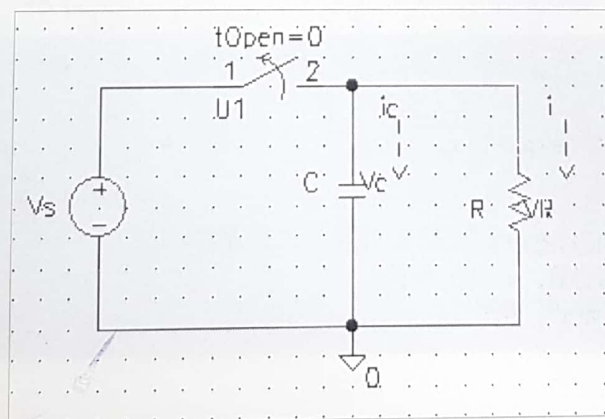


[그림 2.29] 커패시터의 충전

시상수는 대략 1초인 것을 알 수 있다.

2.8.2 방전

방전은 충전의 반대되는 과정으로 전원이 끊어졌을 때 커패시터가 전원의 역할을 하는 과정을 말한다. 그림 2.30의 회로에서 스위치가 열리면 저항은 전원으로부터 분리되고 커패시터는 저항에서 소모되는 에너지를 공급한다. 이때 전류의 방향은 반대로 되며 저항에 걸리는 전압은 초기에 커패시터에 저장된 전압의 값과 같았다가 커패시터에 충전된 전압과 함께 점차적으로 줄어들어 0이 된다. KVL를 적용하면 커패시터의 전압은 다음과 같다.



[그림 2.30] 커패시터 방전 회로

스위치가 열렸을 때 KCL을 적용하면 다음과 같다. 그렇다면 방전되는 시간은 어떻게 구할 수 있을까?

$$i_C(t) + i(t) = 0 \quad (2.47)$$

커패시터에 흐르는 전류는 다음과 같다.

$$i(t) + C \frac{dv_C(t)}{dt} = 0 \quad (2.48)$$

$v_C(t) = v_R(t) = i(t)R$ 이므로 식 (2.48)에 대입하면

$$i(t) + RC \frac{di(t)}{dt} = 0 \quad (2.49)$$

일차 미분방정식을 풀면 다음과 같다.

$$i(t) = A e^{-\frac{1}{RC}t} \quad (2.50)$$

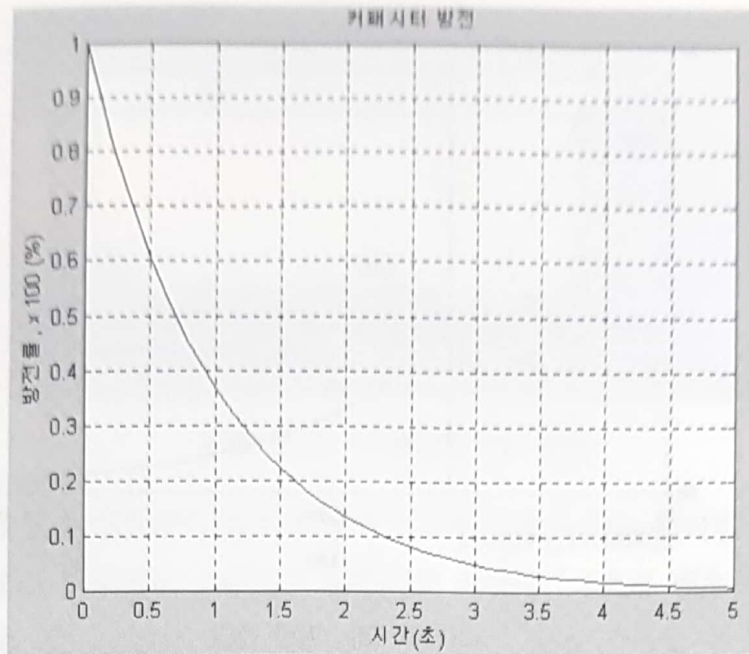
A 는 상수이다. 전류는 시간에 따른 지수 함수이므로 계수 $-\frac{1}{RC}$ 의 값에 의해 좌우되는데, 여기서 $\tau = RC$ 를 시상수라 한다. 이 시상수는 커패시터가 적용된 전원 전압의 63.2%까지 충전되는데 걸리는 시간 또는 63.2%까지 방전되는데 걸리는 시간을 말한다.

$$v_R(t) = V_0 e^{-\frac{1}{RC}t} \quad (2.51)$$

여기서 전원은 직류이므로 $v_S(t) = V_0$ 라 하면 $v_S(0) = V_0$, $i(0) = \frac{V_0}{R} = A$ 가 된다. 왜냐하면 초기에 커패시터는 단락된 것처럼 작동하기 때문이다.

Matlab 예제 2.2 커패시터의 방전

```
t = [0:0.1:5];
tau = 1;
vc = 1-1*(1-exp(-t));
plot(t,vc)
grid
xlabel('시간(초)')
ylabel('방전률, x 100(%)')
title('커패시터 방전')
```

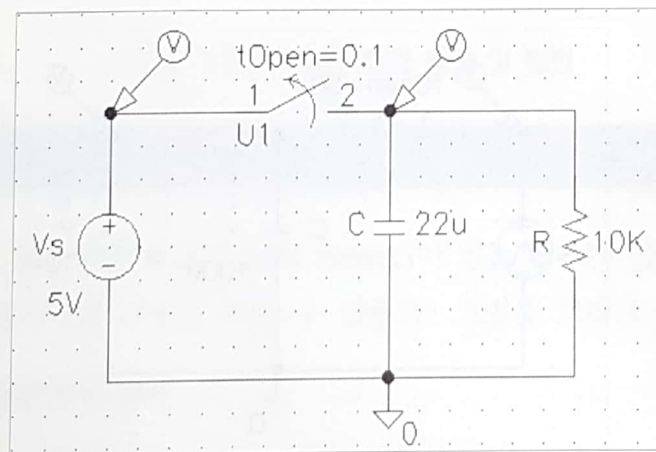



[그림 2.31] 커패시터의 방전

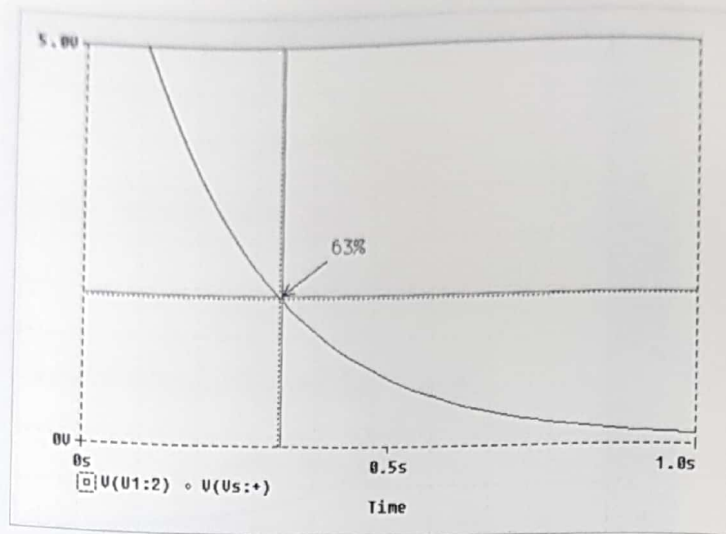
그림 2.31에서 보면 시상수는 대략 1초인 것을 알 수 있다.

PSpice 예제 2.1 커패시터의 방전

그림 2.32는 커패시터의 방전을 나타낸다. 시상수를 구해보자.



[그림 2.32] 방전 회로



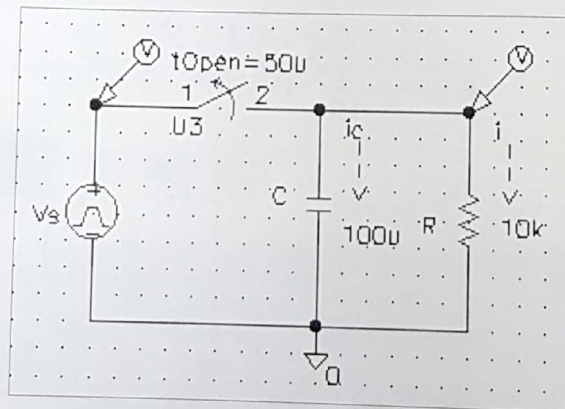
[그림 2.33] 방전 전압

PSpice 예제 2.2 커패시터의 충전 및 방전

그림 2.34에서는 커패시터의 충전과 방전을 나타내는 회로이다. 50us까지 충전과 방전을 되풀이하다가 스위치가 열리면서 방전하게 된다.

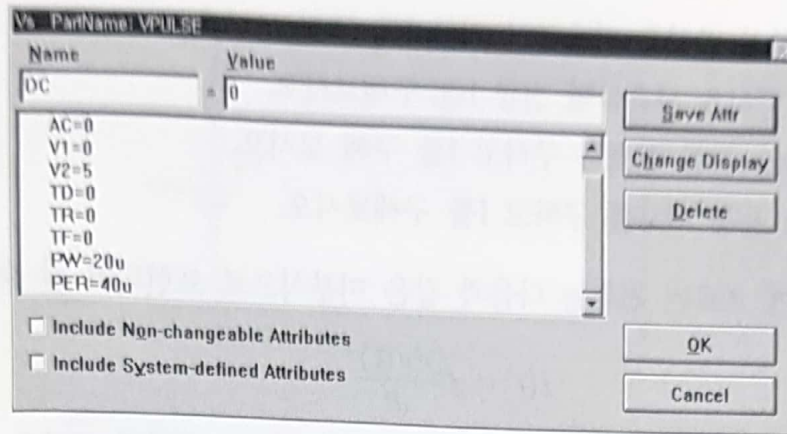
입력 전압으로 크기가 5V이고 주기가 40us인 펄스파를 적용하여 보자.

그림 2.36에서 시상수는 $\tau = 100 \cdot 10^{-6} \times 10 \cdot 10^3 = 1$ 초가 된다.



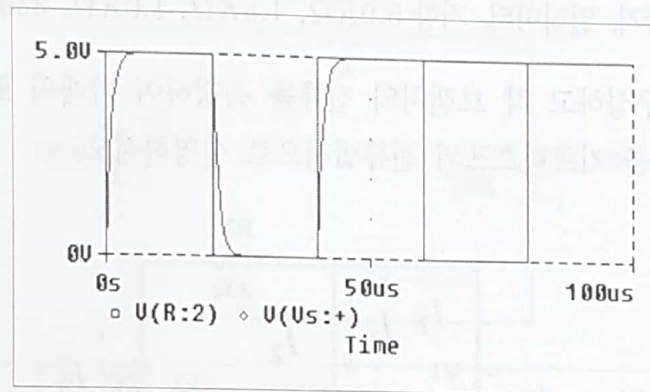
[그림 2.34] 커패시터의 충전 및 방전 회로

PSpice에서는 다음과 같이 전압원을 설정한다.



[그림 2.35] 전압원의 변수 설정

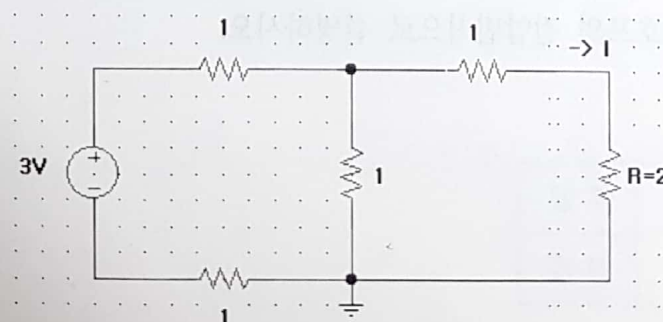
그림 2.36에서 보면 펄스파의 입력 전압이 스위칭 작용을 하는 것처럼 보여 충전과 방전을 반복하다가 50us 이후에는 스위치가 열렸지만 시상수가 1초로 매우 크기 때문에 출력이 5V를 유지함을 알 수 있다. 1초 이후에는 감소하게 됨을 추측할 수 있다.



[그림 2.36] 커패시터의 충전 및 방전

2장 점검문제

- 회로를 분석할 경우에 전류원(Current Source)이 있는 경우가 있다. 실제 회로에서는 전류원은 무슨 의미이며 어떻게 만들 수 있을까? 그림을 그리고 설명해 보시오.
- 아래 회로를 분석하여 보자.



실험 4 커패시터의 충전 및 방전

준비물: 전원 공급기, 오실로스코프, 멀티미터, 함수발생기, 저항 $5.1K\Omega$, 커패시터 $2.2\mu F$, $100\mu F$

1. PSpice 실험

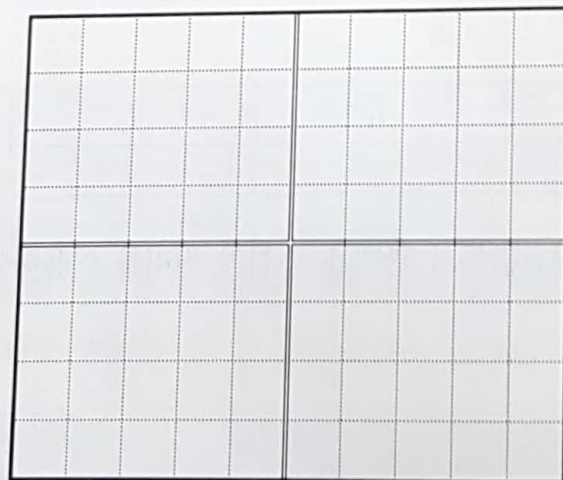
PSpice 예제 2.1에서 시상수를 0.001 초가 되도록 저항과 커패시터 값을 설정한 뒤에 스위치를 $0.5ms$ 에 열도록 한 뒤에 출력 파형을 나타내시오.

2. 그림 2.1의 회로에서 $V_s = 5V$, $R = 5.1K\Omega$ 를 연결하고 저항에 걸리는 전압과 전류를 측정하시오. 계산한 값과 비교해 보시오.

	계산값	측정값	오차
전압(V)			
전류(A)			

3. $V_s = 5V$, $R = 1M\Omega$, $C = 2.2\mu F$ 일 때 그림 2.32의 회로를 연결하고 스위치를 닫아 놓은 뒤에 스위치를 열었을 때 방전되는 파형을 그리시오.

	계산값	측정값	오차
최고전압(V)			
시상수(sec)			



4. 그림 2.34의 회로에서 입력의 전압값을 함수발생기에서 주기가 $1Hz$ 인 펄스로 바꾸고 커패시터를 $100\mu F$ 로 하였을 때 충전과 방전의 커패시터 전압의 파형을 그리고 시상수의 계산값과 비교하시오.

	계 산 값	측 정 값	오 차
전 압(V)			
시상수(sec)			

5. 고찰

5.1 커패시터와 저항을 이용하는 회로는 어떠한 목적으로 사용될 수 있을까 열거하고 설명하시오.

5.2 자동차 배터리의 경우 커패시터처럼 저장하는 장치이다. 배터리의 경우 마찬가지로 충전과 방전이 계속되는데 이 과정을 그림을 그리고 설명하시오

날 짜	
검 인	