

<실험12. R-C회로의 해석 실험 결과보고서>

5조

201910906 이학민 / 201910892 박명세 / 202211021 이명희

A. R-C회로 해석 1

|표 12-1| 회로 구성 parameter

	R_1 , [k Ω]	C_1 , [μ F]	C_2 , [μ F]	C_T , [μ F]
정격값	1.0	0.1	1.0	0.091
측정값	0.985	0.114	1.006	0.1024
오차율, [%]	1.500	14.000	0.6	12.527

|표 12-2| 함수발생기 입력 전압

	V_{\max} , [V]	V_{\min} , [V]	τ , [msec]	f , [Hz]
정격값	5.0	0.0	9.01	549.451
측정값	5.19	-0.08	10.086	545.6
오차율, [%]	3.800	#DIV/0!	11.942	0.701

<계산과정1 - 시정수 및 주파수 구하기>

직렬로 연결된 캐패시터의 전체 캐패시턴스 C_T 는 $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ 이다.

따라서 시정수와 주파수를 구하는 과정은 다음과 같다.

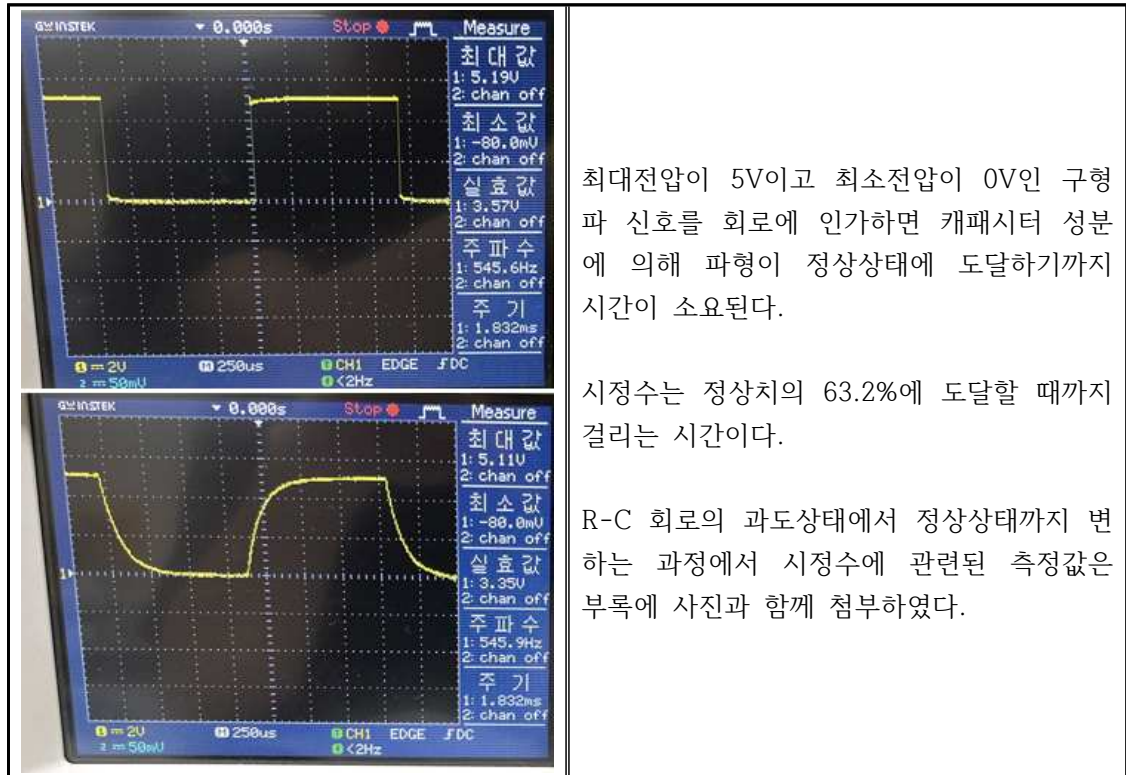
$$\tau = 0.091m [\text{sec}]$$

$$\frac{T}{2} = \tau \times 10 = 0.91m$$

$$\therefore T = 1.82m [\text{sec}]$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.82m} = 0.549451k = 549.451 [Hz]$$

<오실로스코프 결과1 - 구형파>



B. R-C회로 해석 2

|표 12-3| 회로 구성 parameter

	R_1 , [k Ω]	R_2 , [k Ω]	C_1 , [μ F]
정격값	1.00	1.00	1.00
측정값	0.985	0.986	1.006
오차율, [%]	1.500	1.400	0.600

|표 12-4| 함수발생기 입력 전압

	V_{\max} , [V]	V_{\min} , [V]	τ , [msec]	f , [Hz]
정격값	5.0	0.0	0.5	100.0
측정값	5.11	0.08	0.493	99.31
오차율, [%]	2.200	#DIV/0!	1.400	0.690

<계산과정2 - 시정수 및 주파수 구하기>

테브닌 등가회로의 C_1 에서 바라본 전체저항 R_T 는 $R_1 // R_2$ 이다.

따라서 시정수와 주파수를 구하는 과정은 다음과 같다.

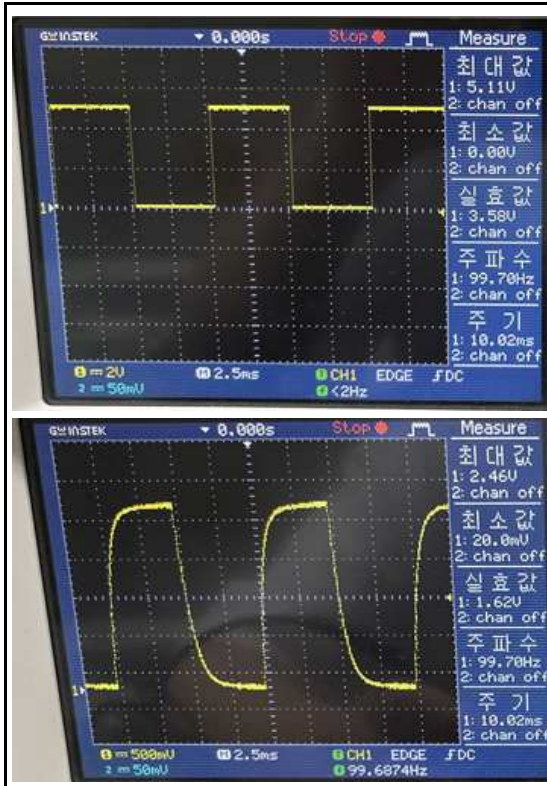
$$\tau = 0.5m \text{ [sec]}$$

$$\frac{T}{2} = \tau \times 10 = 5m$$

$$\therefore T = 10m \text{ [sec]}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10m} = 0.1k = 100 \text{ [Hz]}$$

<오실로스코프 결과2 - 구형파>

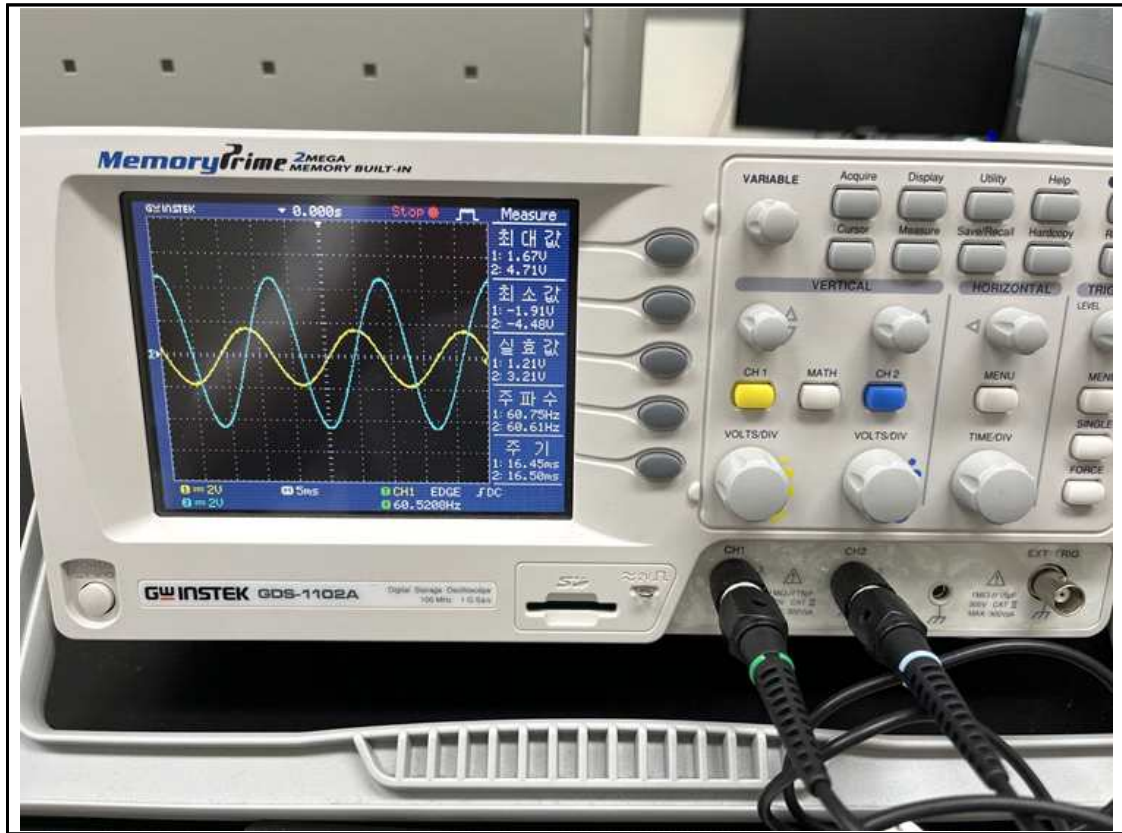


최대전압이 5V이고 최소전압이 0V인 구형파 신호를 회로에 인가하면 캐패시터 성분에 의해 파형이 정상상태에 도달하기까지 일정 시간이 소요된다.

시정수는 정상치의 63.2%에 도달할 때까지 걸리는 시간이다.

R-C 회로의 과도상태에서 정상상태까지 변하는 과정에서 시정수에 관련된 측정값은 부록에 사진과 함께 첨부하였다.

C. 캐패시터의 전압과 전류의 위상차 측정



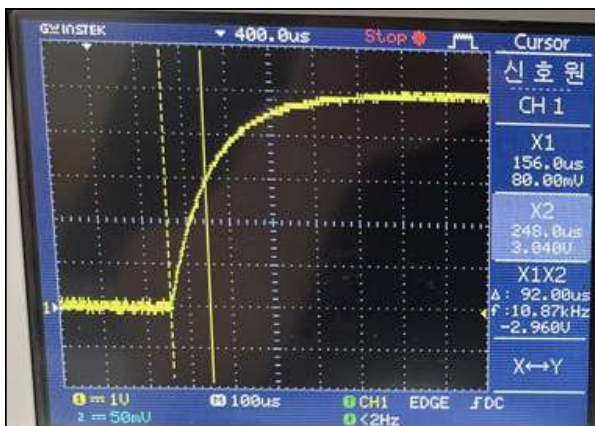
노란색 파형이 저항의 전압, 파란색 파형이 캐패시터의 전압을 나타내는 파형이다. 저항에서는 전압과 전류의 위상차가 없으므로 저항 전압파형의 위상과 캐패시터 전류파형의 위상이 같다. 따라서 0초일 때를 기준으로 저항의 전압파형과 캐패시터의 전압파형을 비교함으로써 캐패시터에서 전류의 위상이 전압의 위상보다 90도 앞선다는 사실을 확인할 수 있었다.

부록

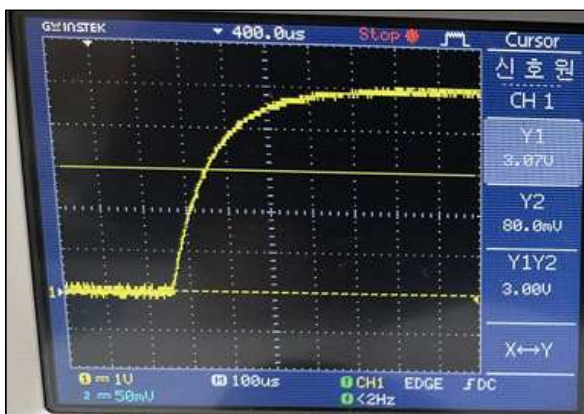


LCR미터를 이용한 캐패시턴스 측정

실험A)

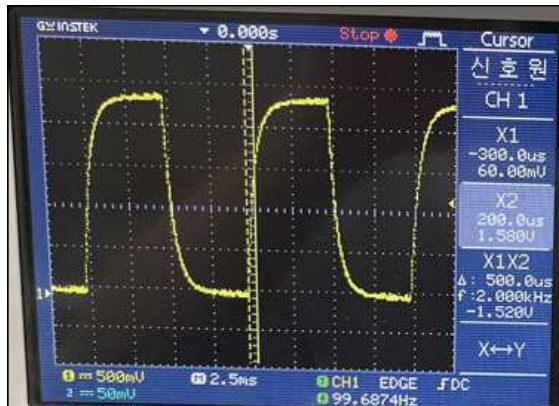


다음은 실험A에서 캐패시터에 인가되는 전압 파형을 분석하기 위해 확대한 모습이다. 실험에서 구한 시정수와 실험 장비의 값이 일치하도록 오실로스코프의 CURSOR를 조절하였다.

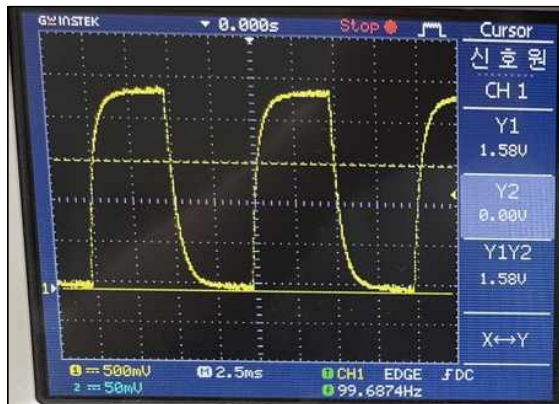


앞서 설정한 X1과 X2의 위치에 맞추어 Y1과 Y2의 위치를 CURSOR로 조절하여 t 가 시정수 일 때 전압의 값을 구하였다. 실험 결과로 최대전압 5V의 약 60%인 3V를 얻었다.

실험B)

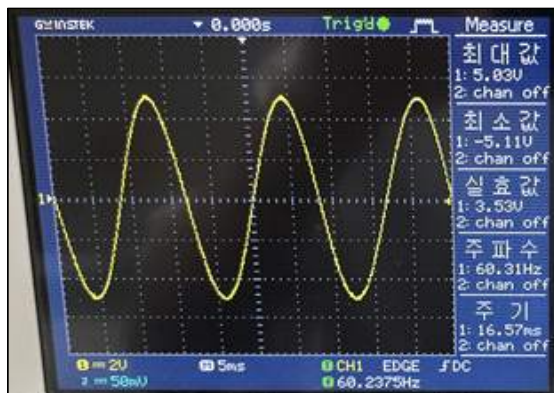


다음은 실험B에서 캐패시터에 인가되는 전압 파형을 분석하기 위해 확대한 모습이다. 실험에서 구한 시정수와 실험 장비의 값이 일치하도록 오실로스코프의 CURSOR를 조절하였다.



앞서 설정한 X1과 X2의 위치에 맞추어 Y1과 Y2의 위치를 CURSOR로 조절하여 t 가 시정수 일 때 전압의 값을 구하였다. 실험 결과로 최대전압 2.5V의 63.2%인 1.58V를 얻었다.

실험C)



다음은 실험C에서 함수 발생기로 최대전압이 5V이고 최소전압이 -5V, 주파수 60Hz인 사인파 신호를 생성한 모습이다.

<실험결과 검토>

이명희 :

실험A와 실험B에서 ON-Period가 시정수의 10배가 되도록 설정하였다. 따라서 $t = 2\tau$ 일 때는 ON-Period에 속한다. ON-Period에서 전압의 크기는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$V_C = V_S(1 - e^{-\frac{1}{RC}t}) = V_S(1 - e^{-\frac{1}{\tau}t})$$

따라서 $V_C = V_S(1 - e^{-\frac{1}{\tau} \times 2\tau}) = V_S(1 - e^{-2})$ 이다.

그러므로 $t = 2\tau$ 일 때, 캐패시터의 전압은 최대전압의 86.47%의 값을 가진다.

$$\therefore \frac{V_S(1 - e^{-2})}{V_S} \times 100 = 100(1 - e^{-2}) = 100 \times 0.8647 = 86.47 [\%]$$

박명세 :

실험C에서 저항의 전압과 캐패시터의 전압 파형의 크기가 다른 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 주어진 회로를 교류 전압원에서 바라본 등가회로로 바꾸면 캐패시터와 저항의 직렬 연결 2쌍이 병렬로 연결되어 있는 모습으로 생각할 수 있다. $< (R_1 + C_1) // (R_1 + C_1) >$

한편, 캐패시터와 저항의 직렬연결 쌍은 각각 교류 전압원과 병렬로 연결되어 있으므로 한 쌍에 온전한 교류 전압이 인가된다.

$$C_1 (1\mu F) : X_C = \frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{120\pi \times 10^{-6}} = -j2652.5824 [\Omega]$$

$$R_1 (1k\Omega) : R = 1000 [\Omega]$$

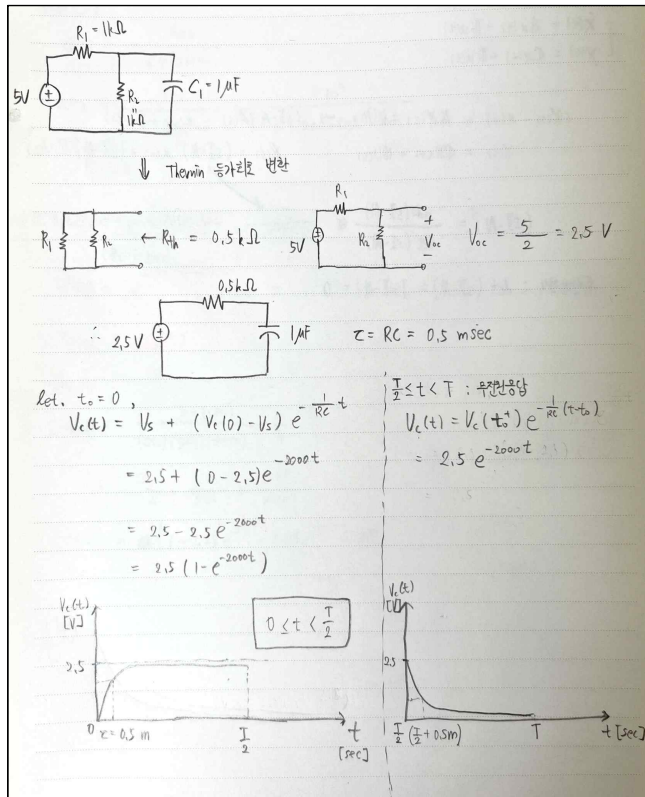
따라서 캐패시터에 인가되는 최대전압의 크기는 저항에 인가되는 최대전압의 크기에 비해 약 2.6526배 크다는 것을 알 수 있다.

오실로스코프에 나타나는 실험 결과와 비교하여 올바른 값을 얻었음을 확인하였다.

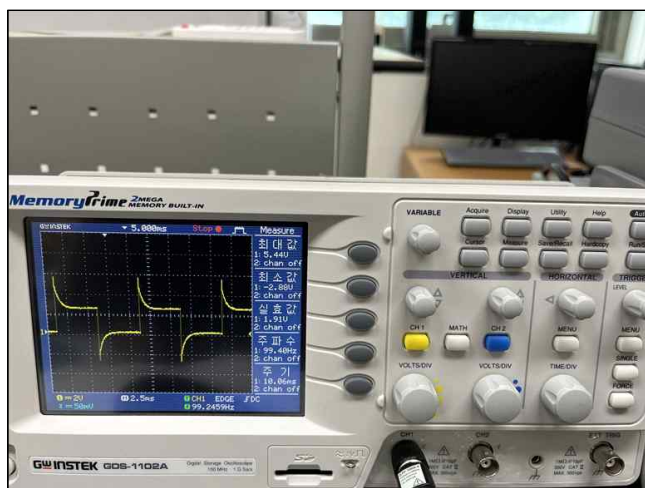
이학민 :

실험B에서 오실로스코프로 얻은 캐패시터 전압 파형이 맞는지 회로 이론을 바탕으로 직접 풀어보았다. 풀이 내용은 사진으로 첨부하였다.

최초 실험 결과가 잘못되었음을 인지하여 6/2(금) 실험실에 재방문하여 올바른 측정값을 얻었다.



실험B 캐패시터 전압 파형 풀이



잘못 측정한 캐패시턴스 전압 파형 결과