회로 이론/실습

10. 직렬 RC 회로

10. 직렬 RC 회로

10-1. 목적 및 배경

10-2. 소요 부품 및 장비

10-3. 유용한 공식

10-4. 주파수에 따른 임피던스

10-5. 위상의 변화

10-6. 전압과 전류의 위상

10-1. 목적 및 배경

- ✓ 직렬로 연결된 RC 회로의 특성을 이해한다.
- ✓ 주파수에 따른 임피던스의 변화를 확인한다.
- ✓ 주파수에 따른 위상의 변화를 확인한다.
- ✓ 전압과 전류의 위상변화를 확인한다.

10-2. 소요 부품 및 장비

- 부품
  - 저항 (1/4W) : 100Ω, 1kΩ, 6.8kΩ
  - 캐패시터 : 0.01uF, 0.1uF
- 장비
  - 브레드 보드
  - 디지털 멀티미터 (Digital Multi-Meter)
  - 직류 전원 공급 장치 (DC Power Supply)
  - 오실로스코프 (Oscilloscope)
  - 신호 발생기 (Function Generator)

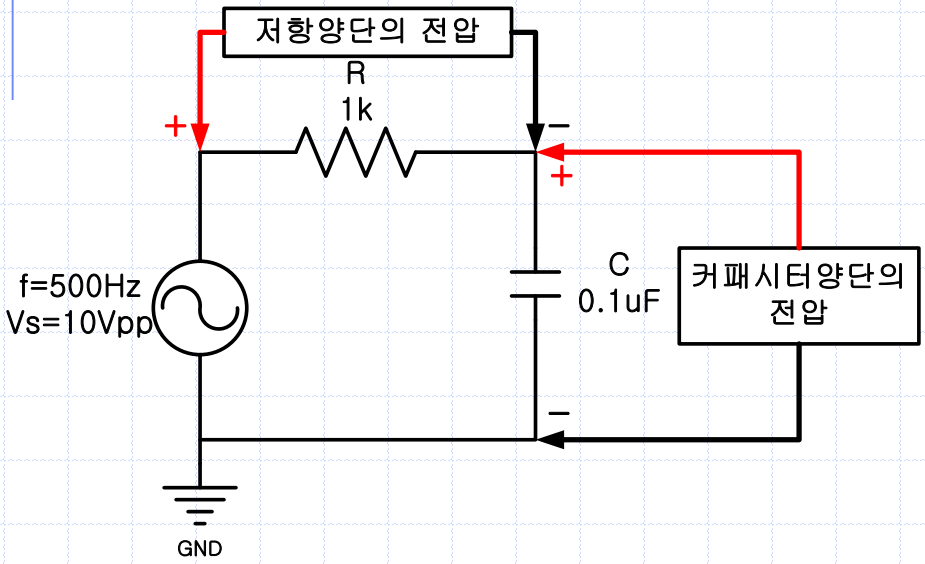
10-3. 유용한 공식

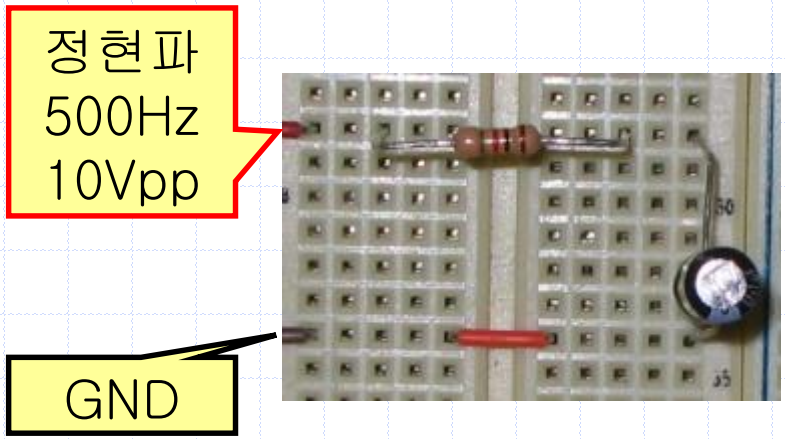
✓ 직렬 RC 회로의 임피던스

$$Z = R - j\frac{1}{2\pi fC} = R - jX_C = \sqrt{R^2 + {X_C}^2}\angle -\tan^{-1}(\frac{X_C}{R})$$

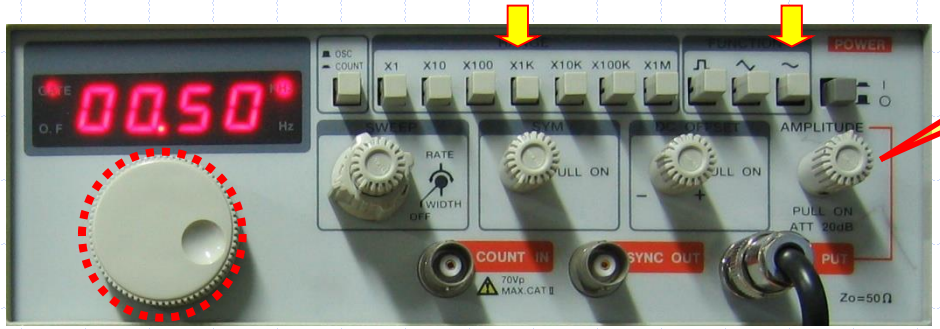
10-4. 주파수에 따른 임피던스

- 다음과 같이 회로를 연결하고, 신호 발생기를 조절하여 주파수 500Hz, 10Vpp 의 정현파가 나오도록 한다.

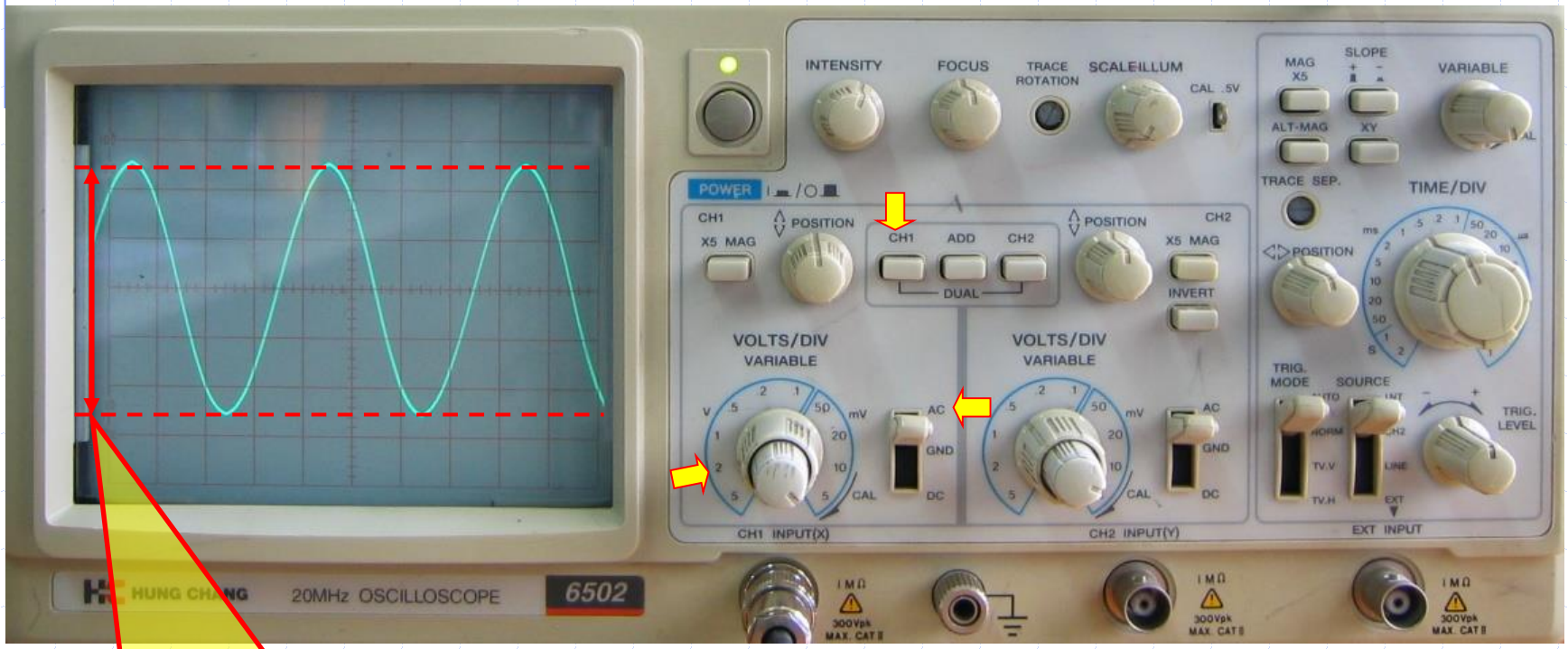




10-4. 주파수에 따른 임피던스



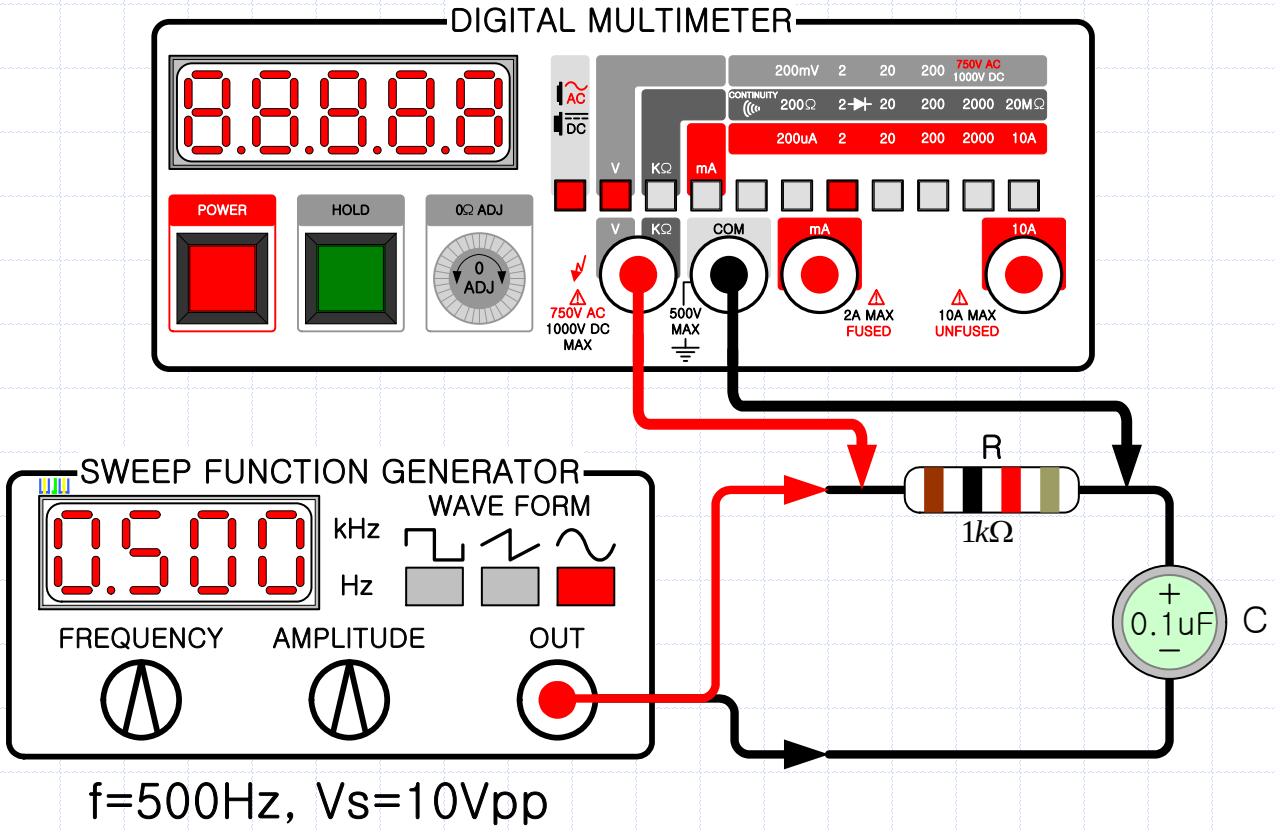
10Vpp



5칸X2V/DIV=10Vpp

10-4. 주파수에 따른 임피던스

- 디지털 멀티미터를 이용하여 저항 양단의 실효 전압을 측정한다.



f=500Hz, Vs=10Vpp

10-4. 주파수에 따른 임피던스

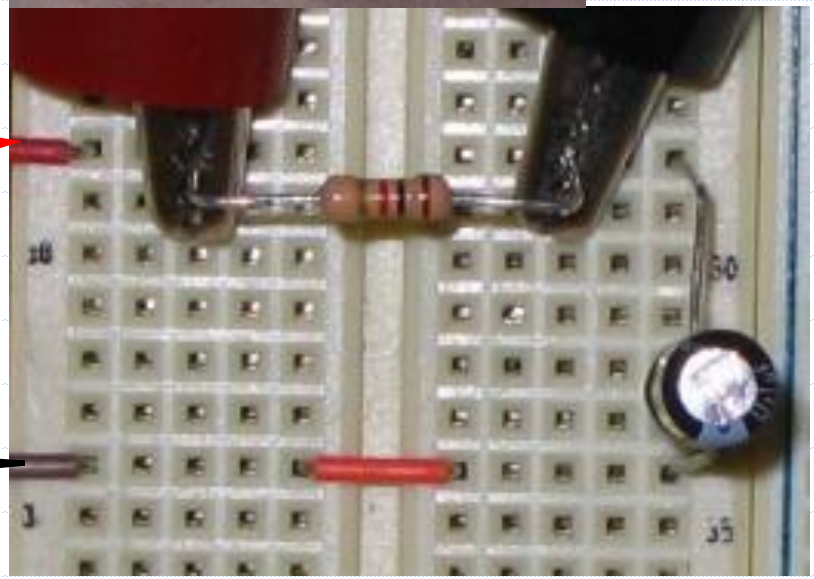
✓ 주파수 : 500Hz

$V_{R(rms)} = 0.893V$
$V_{R(p-p)} = 0.893V \times 2 \times 1.414 = 2.525Vpp$

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_R}{R} = \frac{2.525V}{1k\Omega} = 2.525mA$$

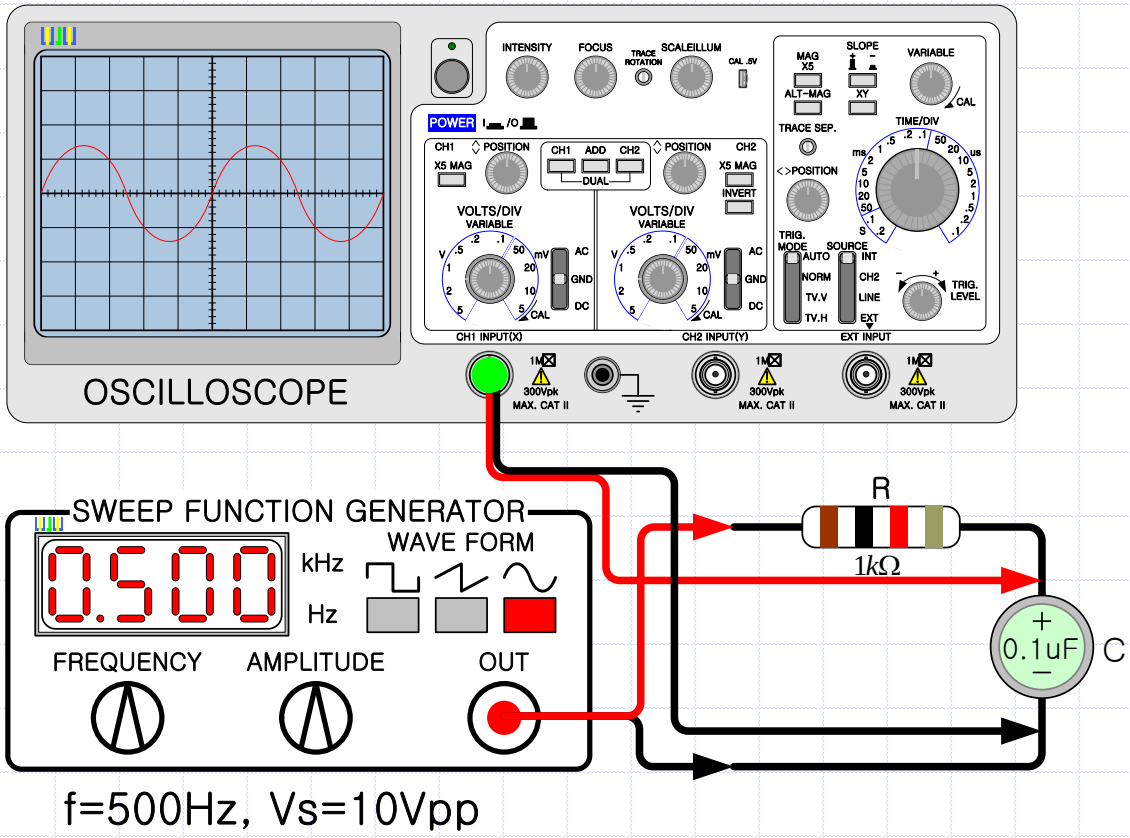
정현파
500Hz
10Vpp

GND



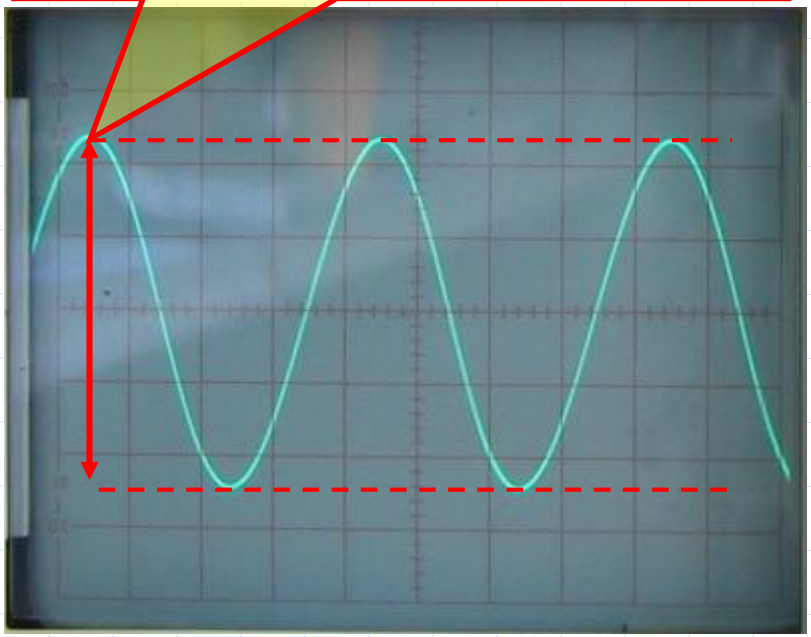
10-4. 주파수에 따른 임피던스

- 오실로스코프의 CH 1 을 이용하여 캐패시터 양단의 전압을 측정한다.



10-4. 주파수에 따른 임피던스

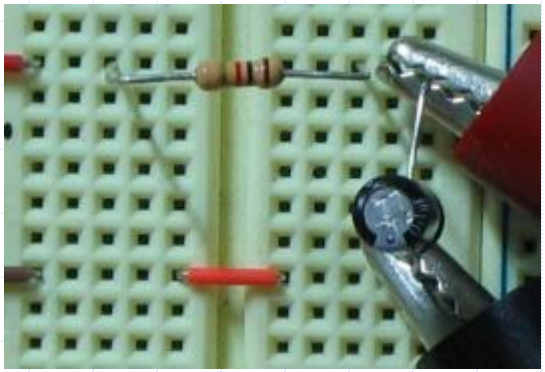
- ✓ 주파수 : 500Hz



2V/DIV, 20uS/DIV

정현파
500Hz
10Vpp

GND



$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_C}{I} = \frac{9.6Vpp}{2.525mA} = 3801.98\Omega$$

$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I} = \frac{10Vpp}{2.525mA} = 4060.40\Omega$$

10-4. 주파수에 따른 임피던스

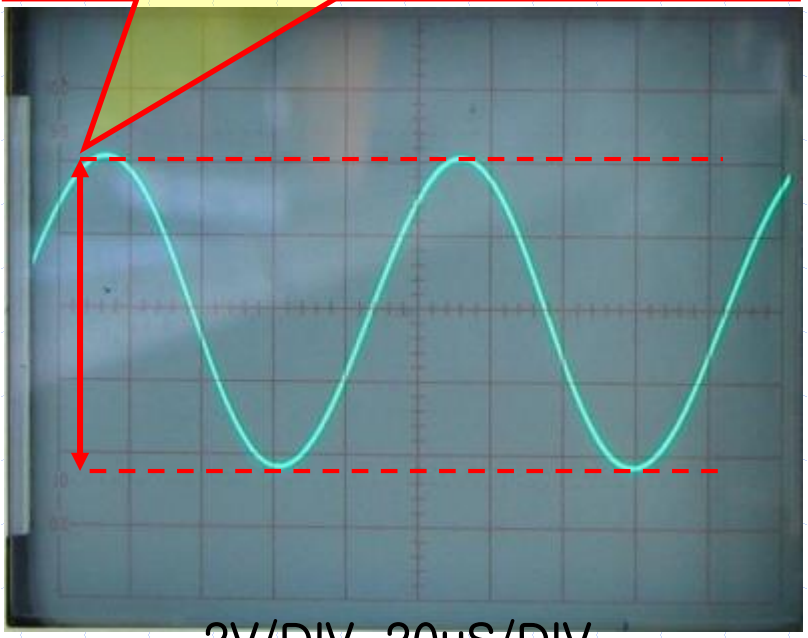
- ✓ 주파수 : 1kHz, 10Vpp

$V_{R(rms)}$ = 1.585V

$V_{R(p-p)}$ = 1.585V X 2 X 1.414

= 4.482Vpp

V_C : 4.2칸X2V/DIV=8.4Vpp



2V/DIV, 20uS/DIV

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_R}{R} = \frac{4.482V}{1k\Omega} = 4.482mA$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_C}{I} = \frac{8.4Vpp}{4.482mA} = 1784.16\Omega$$

$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I} = \frac{10Vpp}{4.482mA} = 2231.15\Omega$$

10-4. 주파수에 따른 임피던스

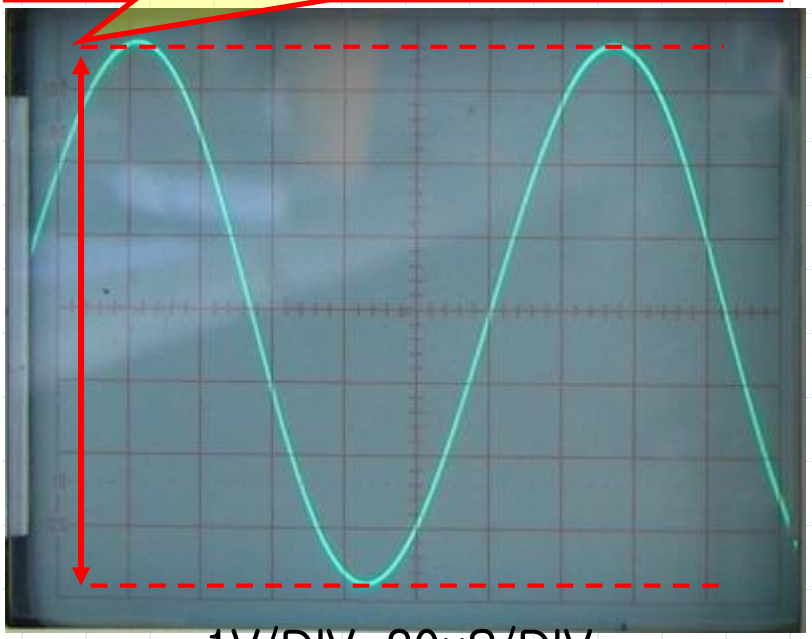
✓ 주파수 : 1.5kHz, 10Vpp

$V_{R(rms)}$ = 2.061V

$V_{R(p-p)}$ = 2.061V X 2 X 1.414

= 5.829Vpp

V_C : 7.2칸X1V/DIV=7.2Vpp



1V/DIV, 20uS/DIV

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_R}{R} = \frac{5.829V}{1k\Omega} = 5.829mA$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_C}{I} = \frac{7.2Vpp}{5.829mA} = 1235.2\Omega$$

$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I} = \frac{10Vpp}{5.829mA} = 1715.56\Omega$$

10-4. 주파수에 따른 임피던스

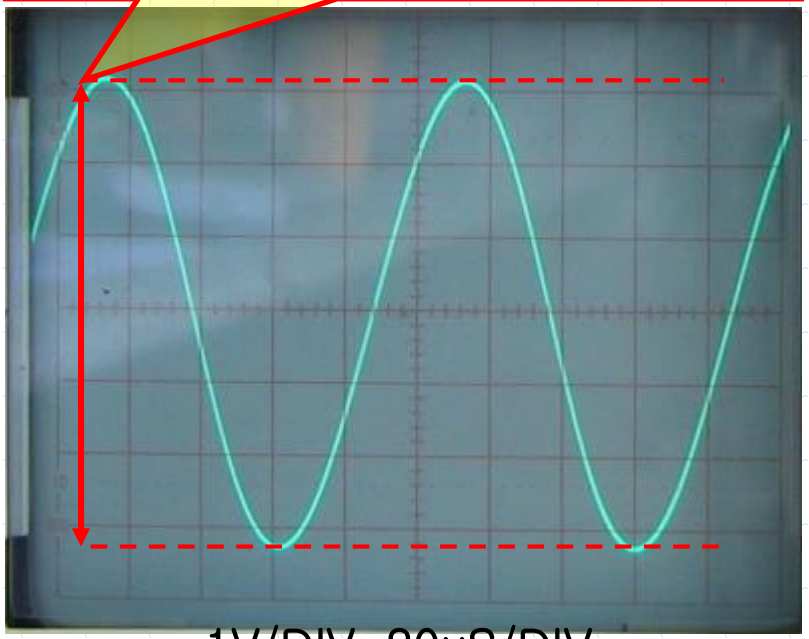
✓ 주파수 : 2kHz, 10Vpp

$V_{R(rms)}$ = 2.393V

$V_{R(p-p)}$ = 2.393V X 2 X 1.414

= 6.767Vpp

V_C : 6.4칸X1V/DIV=6.4Vpp



1V/DIV, 20uS/DIV

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_R}{R} = \frac{6.767V}{1k\Omega} = 6.767mA$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_C}{I} = \frac{6.4Vpp}{6.767mA} = 945.77\Omega$$

$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I} = \frac{10Vpp}{6.767mA} = 1477.76\Omega$$

10-4. 주파수에 따른 임피던스

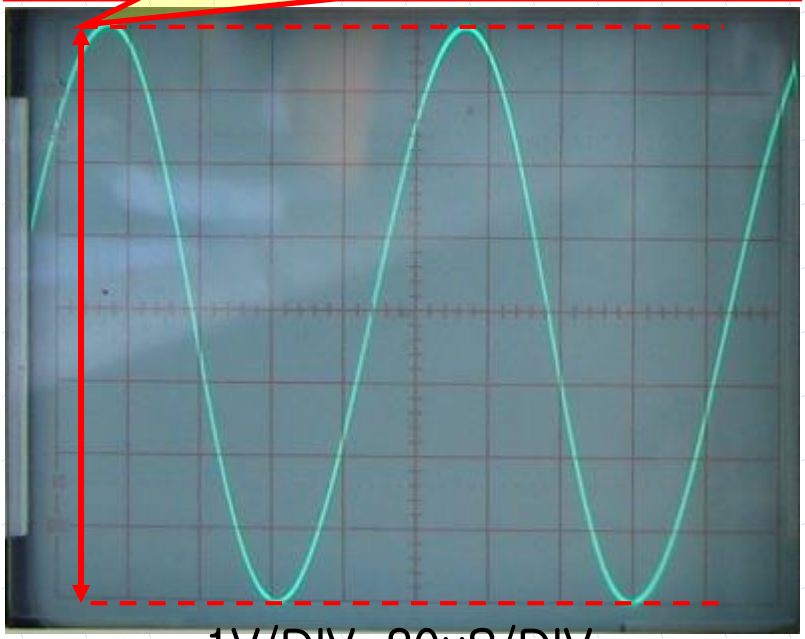
✓ 주파수 : 4kHz, 10Vpp

$V_{R(rms)} = 2.855V$

$V_{R(p-p)} = 2.855V \times 2 \times 1.414$

$= 8.074Vpp$

V_C : 7.9칸X0.5V/DIV=3.95Vpp



1V/DIV, 20uS/DIV

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_R}{R} = \frac{8.074V}{1k\Omega} = 8.074mA$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_C}{I} = \frac{3.95Vpp}{8.074mA} = 489.22\Omega$$

$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I} = \frac{10Vpp}{8.074mA} = 1238.54\Omega$$

10-4. 주파수에 따른 임피던스

✓ 주파수 : 8kHz, 10Vpp

$V_{R(rms)}$ = 2.925V

$V_{R(p-p)}$ = 2.925V X 2 X 1.414

= 8.272Vpp

Vc : 4.2칸X0.5V/DIV=2.1Vpp

0.5V/DIV, 20uS/DIV

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_R}{R} = \frac{8.272V}{1k\Omega} = 8.272mA$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_C}{I} = \frac{2.1Vpp}{8.272mA} = 253.87\Omega$$

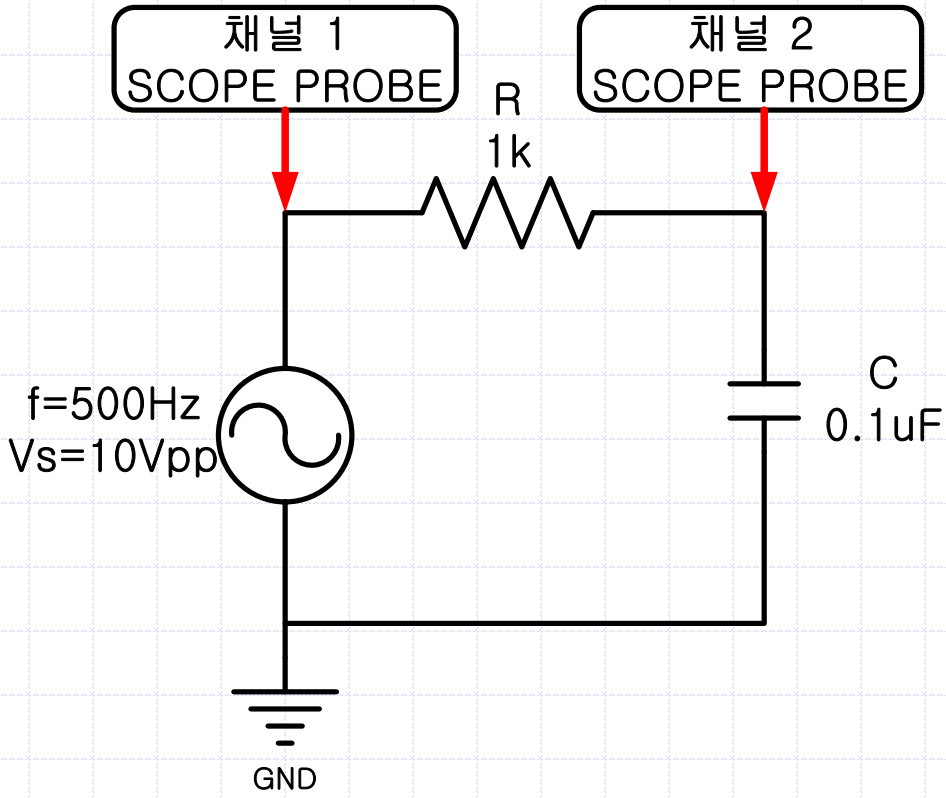
$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I} = \frac{10Vpp}{8.272mA} = 1208.90\Omega$$

10-4. 주파수에 따른 임피던스

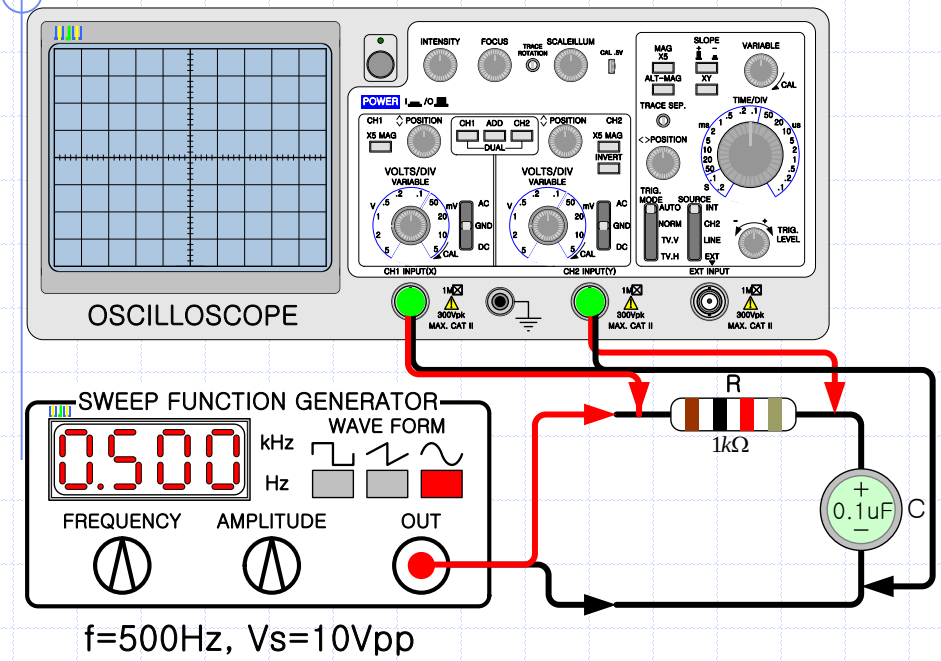
주파수	V_R (Vpp)		Vc (Vpp)		I (mA)		Xc (Ω)		|Z| (Ω)	
Hz	이론	실험	이론	실험	이론	실험	이론	실험	이론	실험
500	3.00	2.525	9.54	9.60	3.00	2.525	3183.10	3801.98	3336.00	4060.40
1,000	5.32	4.482	8.47	8.40	5.32	4.482	1591.55	1784.16	1880.00	2231.15
1,500	6.86	5.829	7.28	7.20	6.86	5.829	1061.03	1235.20	1458.00	1715.56
2,000	7.83	6.767	6.23	6.40	7.83	6.767	795.77	945.77	1278.00	1477.76
4,000	9.29	8.074	3.70	3.95	9.29	8.074	397.89	489.22	1076.00	1238.54
8,000	9.80	8.272	1.95	2.10	9.80	8.272	198.94	253.87	1020.00	1208.90

10-5. 위상의 변화

- 다음과 같이 회로를 연결하고, 신호 발생기를 조절하여 주파수 500Hz, 10Vpp 의 정현파가 나오도록 한다.



10-5. 위상의 변화



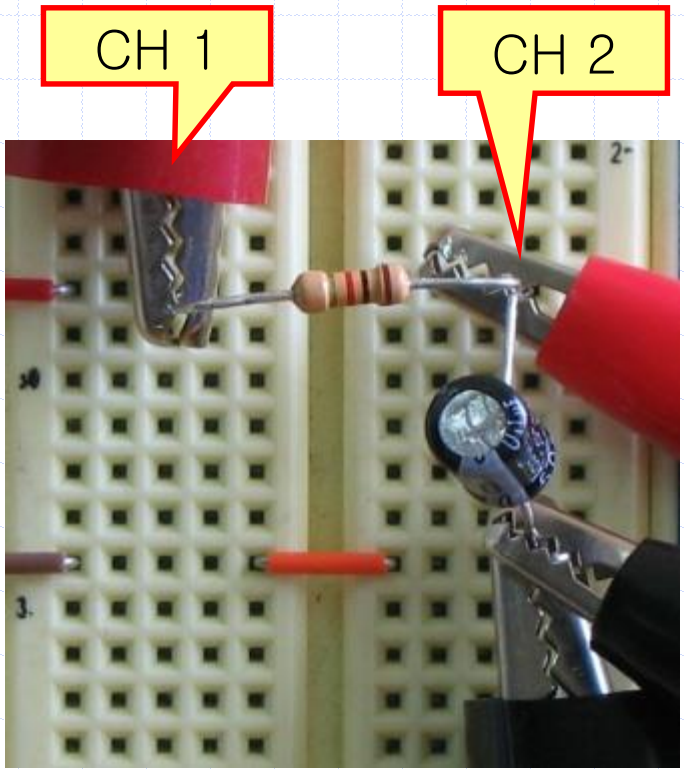
f=500Hz, Vs=10Vpp

신호 발생기

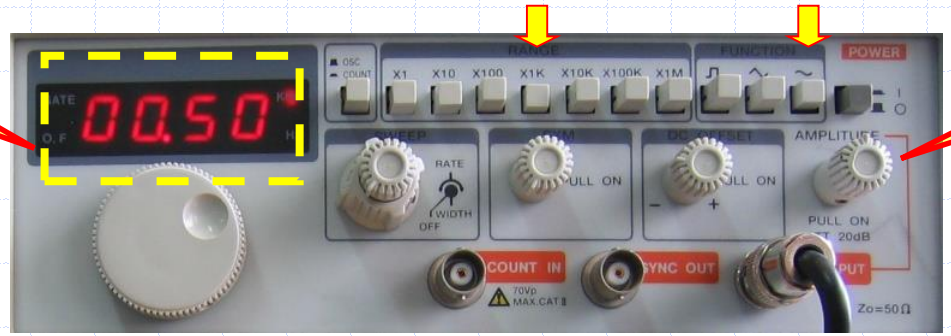
Function Generator

정현파
500Hz
10Vpp

GND

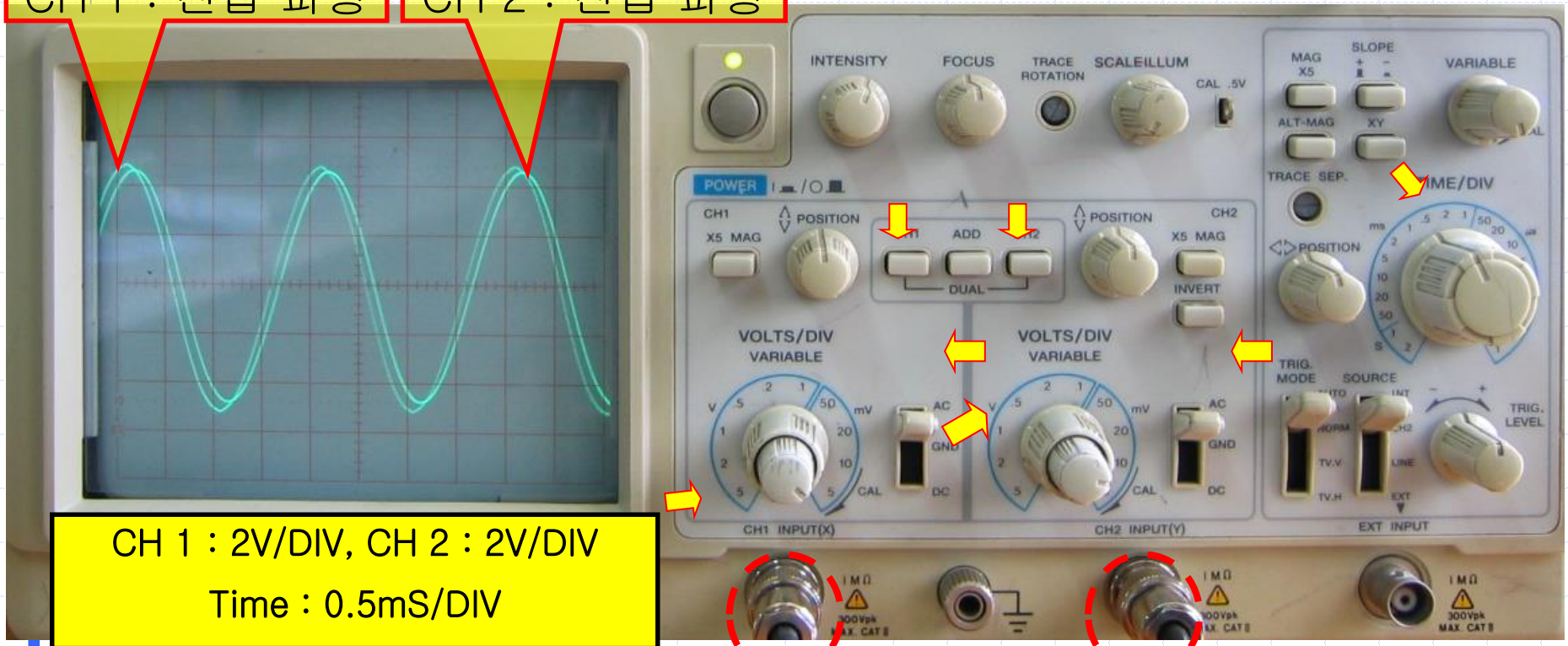


10-5. 위상의 변화



CH 1 : 전압 파형

CH 2 : 전압 파형

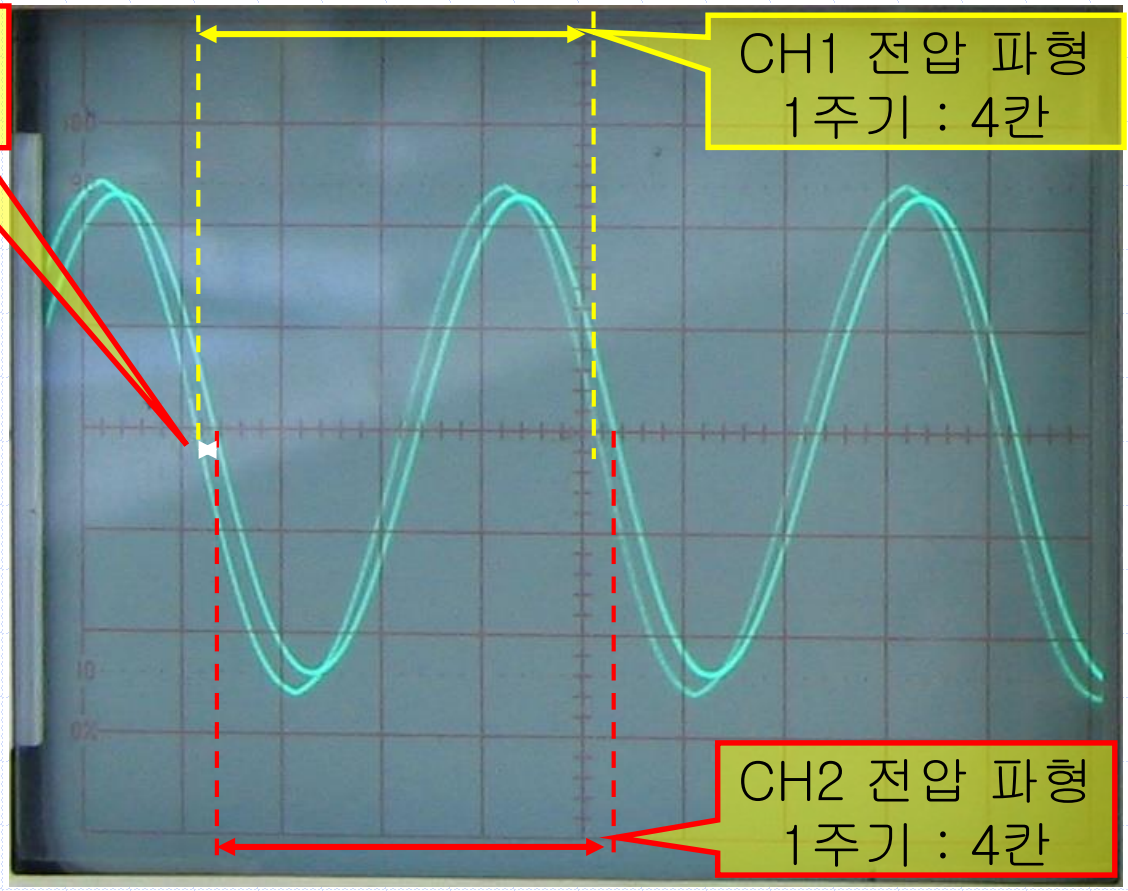


CH 1 : 2V/DIV, CH 2 : 2V/DIV

Time : 0.5mS/DIV

10-5. 위상의 변화

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 500Hz)



$1T = 4칸 \times 0.5mSec$

$= 2mSec$

$\Delta t = 0.2칸 \times 0.5mSec$

$= 0.1mSec$

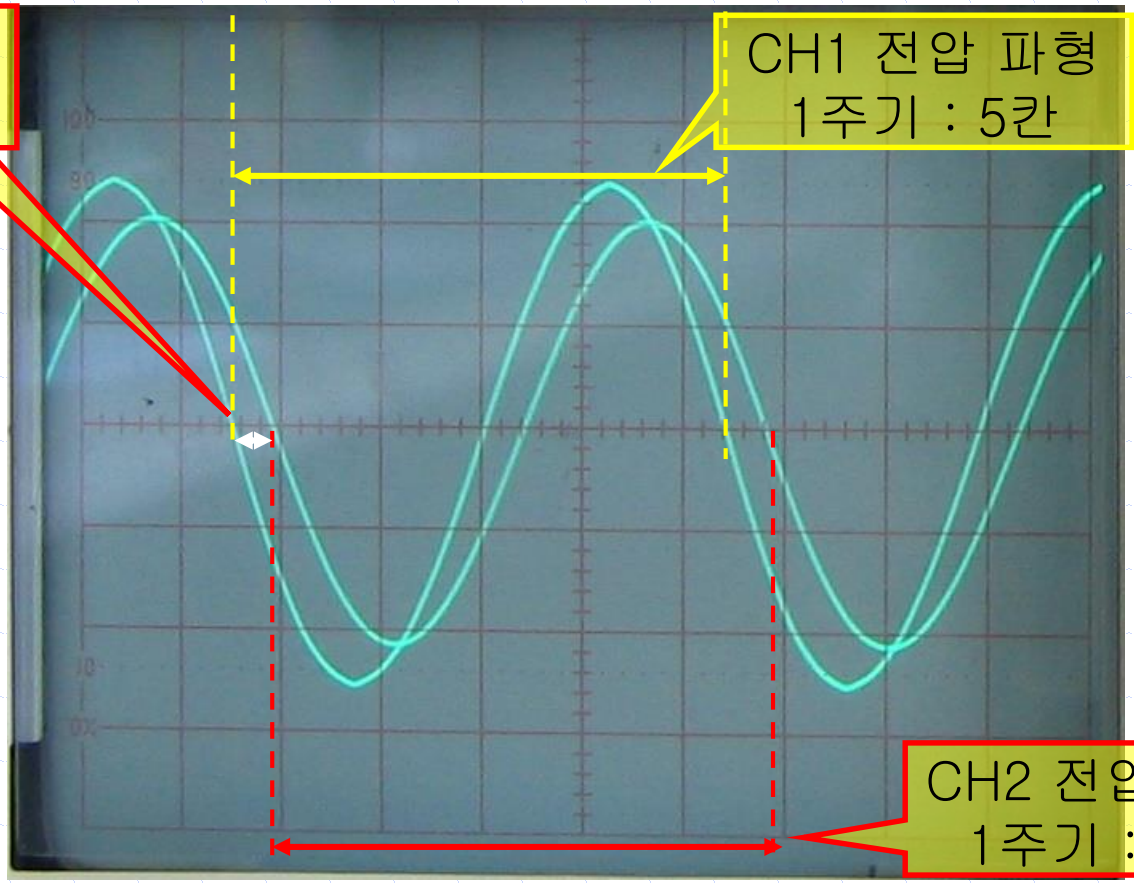
$2mSec : 0.1mSec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 18°$

10-5. 위상의 변화

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 1kHz)



$1T = 5칸 \times 0.2mSec$

$= 1mSec$

$\Delta t = 0.4칸 \times 0.2mSec$

$= 0.08mSec$

$1mSec : 0.08mSec$

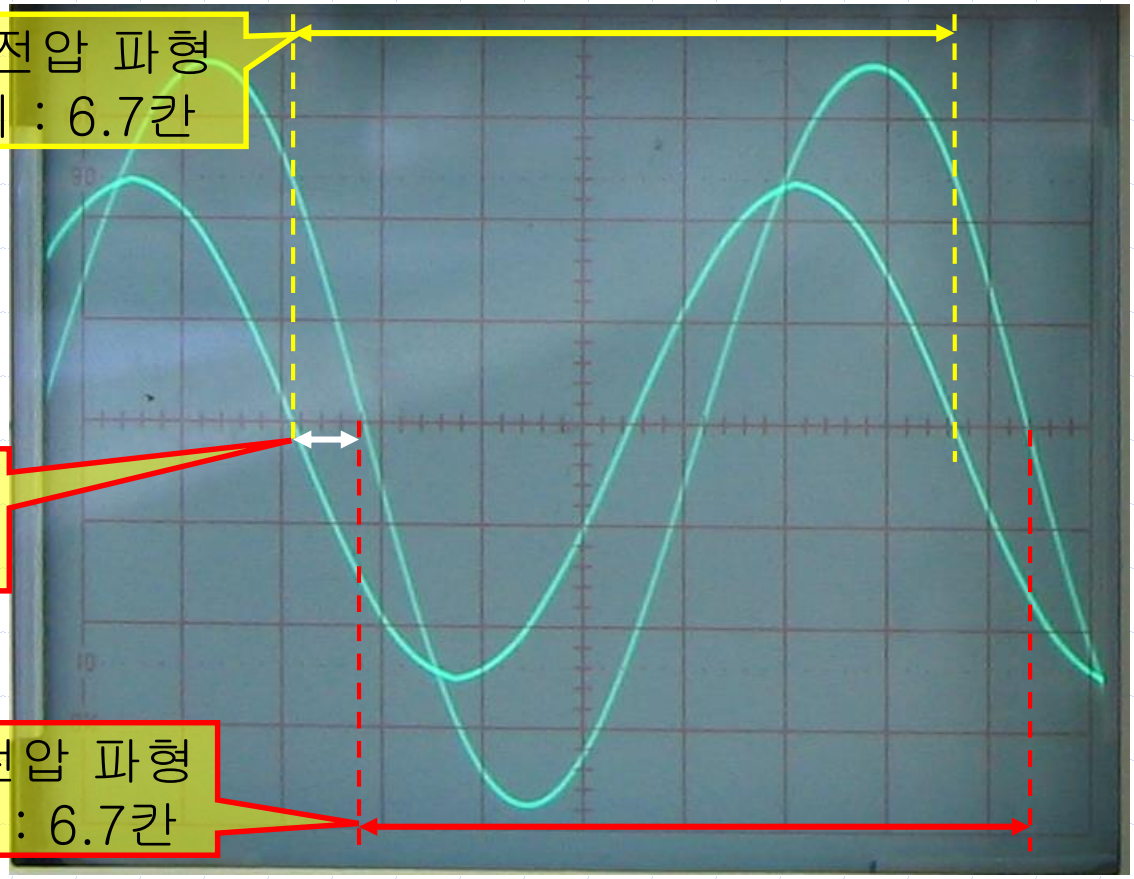
$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 28.8°$

CH 1 : 2V/DIV, CH 2 : 2V/DIV, Time : 0.2mS/DIV

10-5. 위상의 변화

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 1.5kHz)



CH 1 : 2V/DIV, CH 2 : 1V/DIV, Time : 0.1mS/DIV

$$1T = 6.7칸 \times 0.1mSec$$
$$= 0.67mSec$$

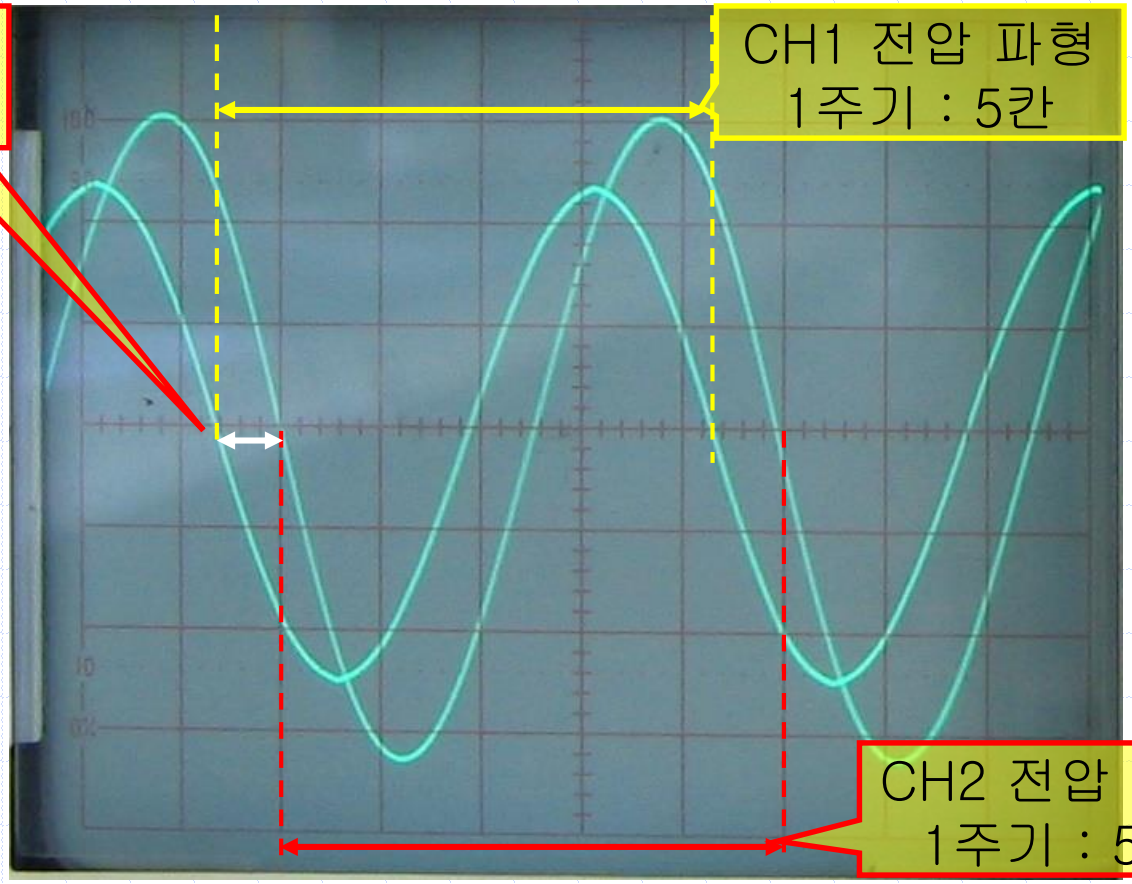
$$\Delta t = 0.8칸 \times 0.1mSec$$
$$= 0.08mSec$$

$$0.67mSec : 0.08mSec$$
$$= 360° : \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 42.99°$$

10-5. 위상의 변화

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 2kHz)



CH 1 : 2V/DIV, CH 2 : 1V/DIV, Time : 0.1mS/DIV

$$1T = 5칸 \times 0.1mSec$$
$$= 0.5mSec$$

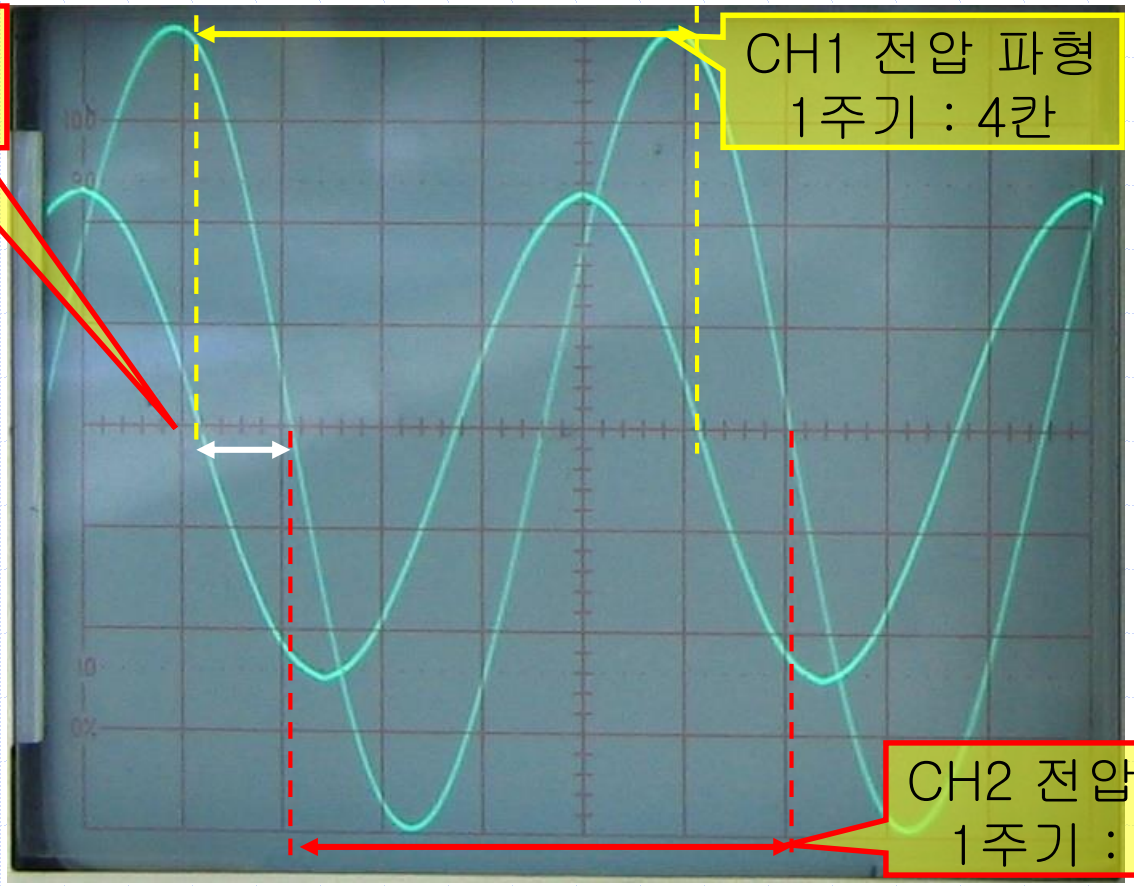
$$\Delta t = 0.7칸 \times 0.1mSec$$
$$= 0.07mSec$$

$$0.5mSec : 0.07mSec$$
$$= 360° : \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 50.4°$$

10-5. 위상의 변화

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 4kHz)



CH 1 : 2V/DIV, CH 2 : 0.5V/DIV, Time : 50uS/DIV

$1T = 5칸 \times 50\mu Sec$

$= 250\mu Sec$

$\Delta t = 0.9칸 \times 50\mu Sec$

$= 45\mu Sec$

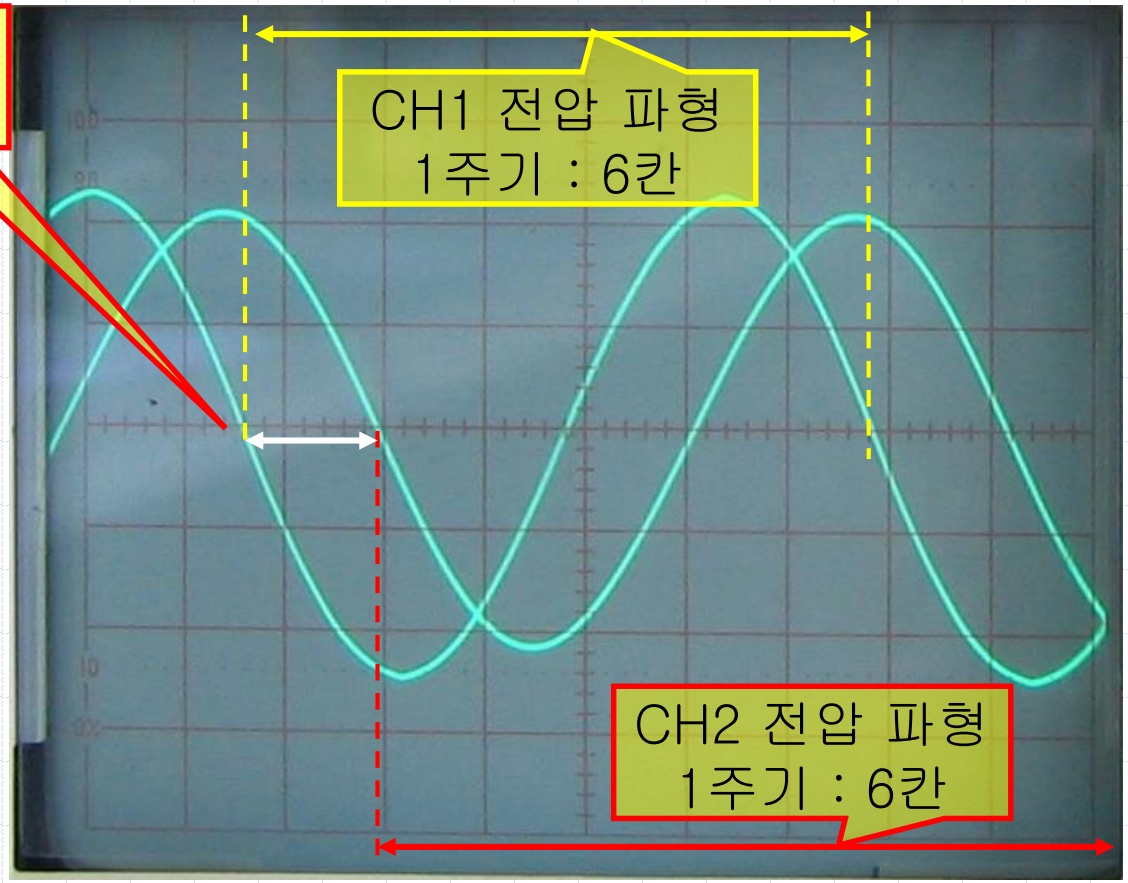
$250\mu Sec : 45\mu Sec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 64.8°$

10-5. 위상의 변화

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 8kHz)



CH 1 : 2V/DIV, CH 2 : 0.5V/DIV, Time : 20uS/DIV

$$1T = 6칸 \times 20\mu Sec$$
$$= 120\mu Sec$$

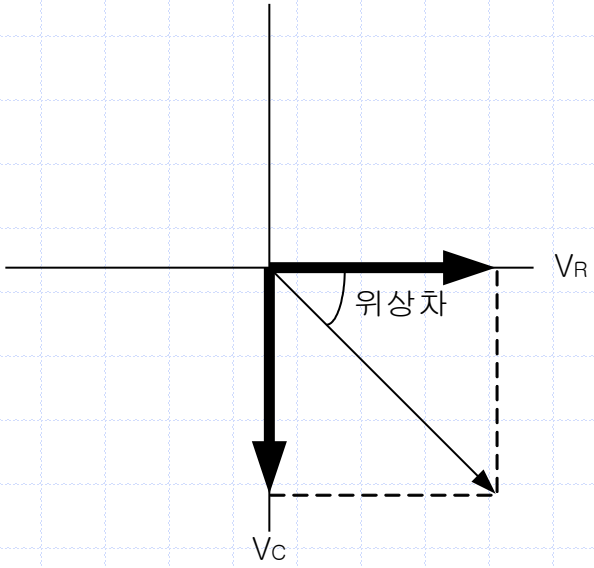
$$\Delta t = 1.3칸 \times 20\mu Sec$$
$$= 26\mu Sec$$

$$120\mu Sec : 26\mu Sec$$
$$= 360° : \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 77.9°$$

10-5. 위상의 변화

주파수	위상차 (도)		
	실험 9.	실험 10.	계산값
500 Hz	-72.0	-72.9	-72.6
1 kHz	-61.2	-59.2	-57.9
1.5 kHz	-47.0	-48.4	-46.7
2 kHz	-39.6	-41.6	-38.5
4 kHz	-25.2	-24.7	-21.7
8 kHz	-12.1	-13.1	-11.3



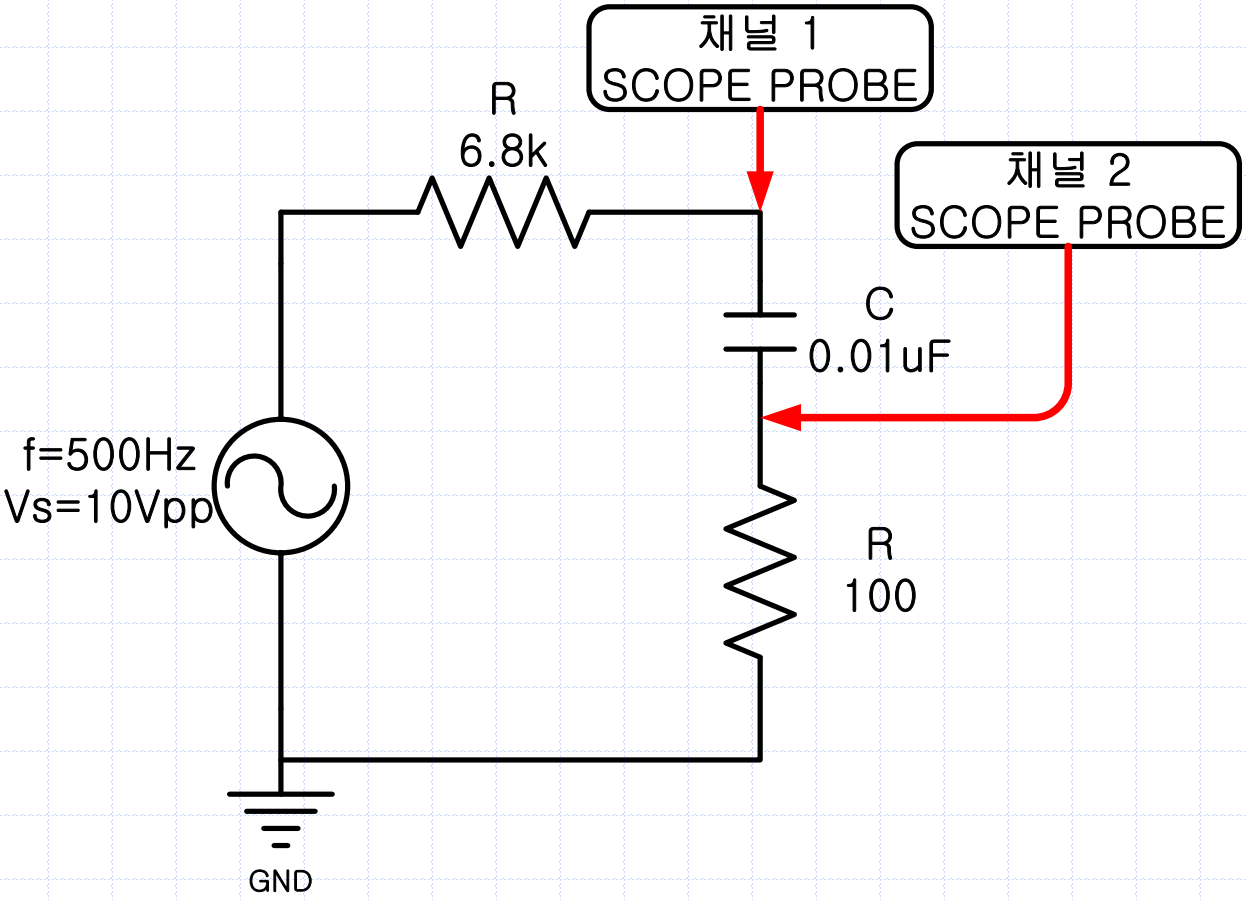
$$위상차(실험10.) = -\tan^{-1}(\frac{V_C}{V_R})$$

$$위상차(계산값) = -\tan^{-1}(\frac{X_C}{R})$$

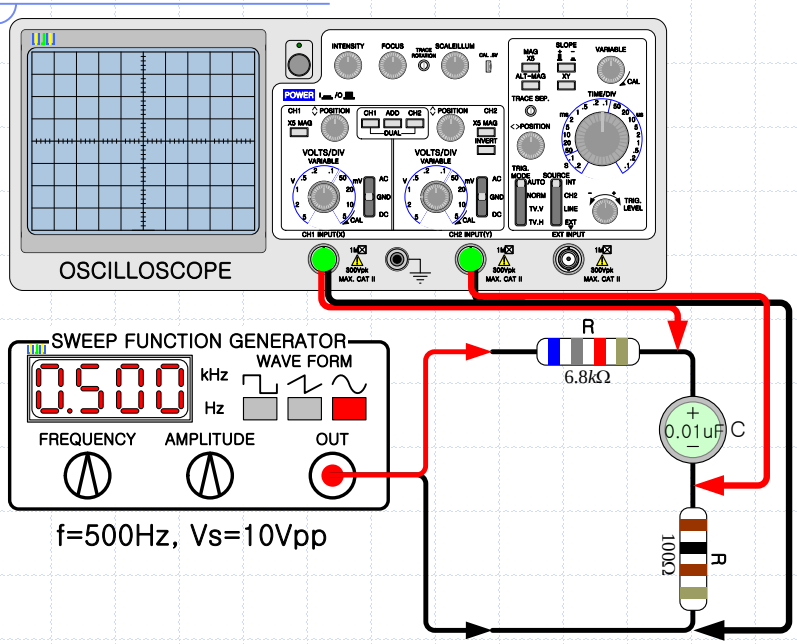
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

10-6. 전압과 전류의 위상

- 다음과 같이 회로를 연결하고, 신호 발생기를 조절하여 주파수 500Hz, 10Vpp 의 정현파가 나오도록 한다.



10-6. 전압과 전류의 위상

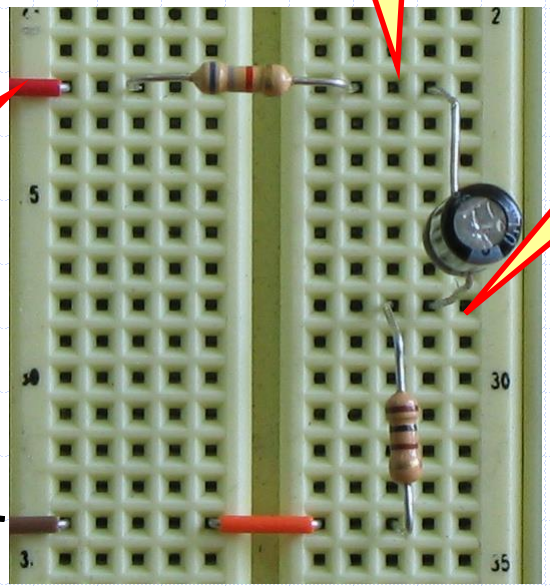


신호 발생기

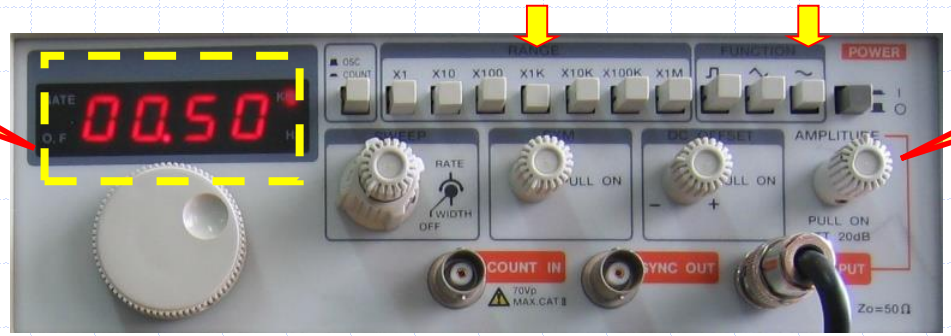
Function Generator

정현파
500Hz
10Vpp

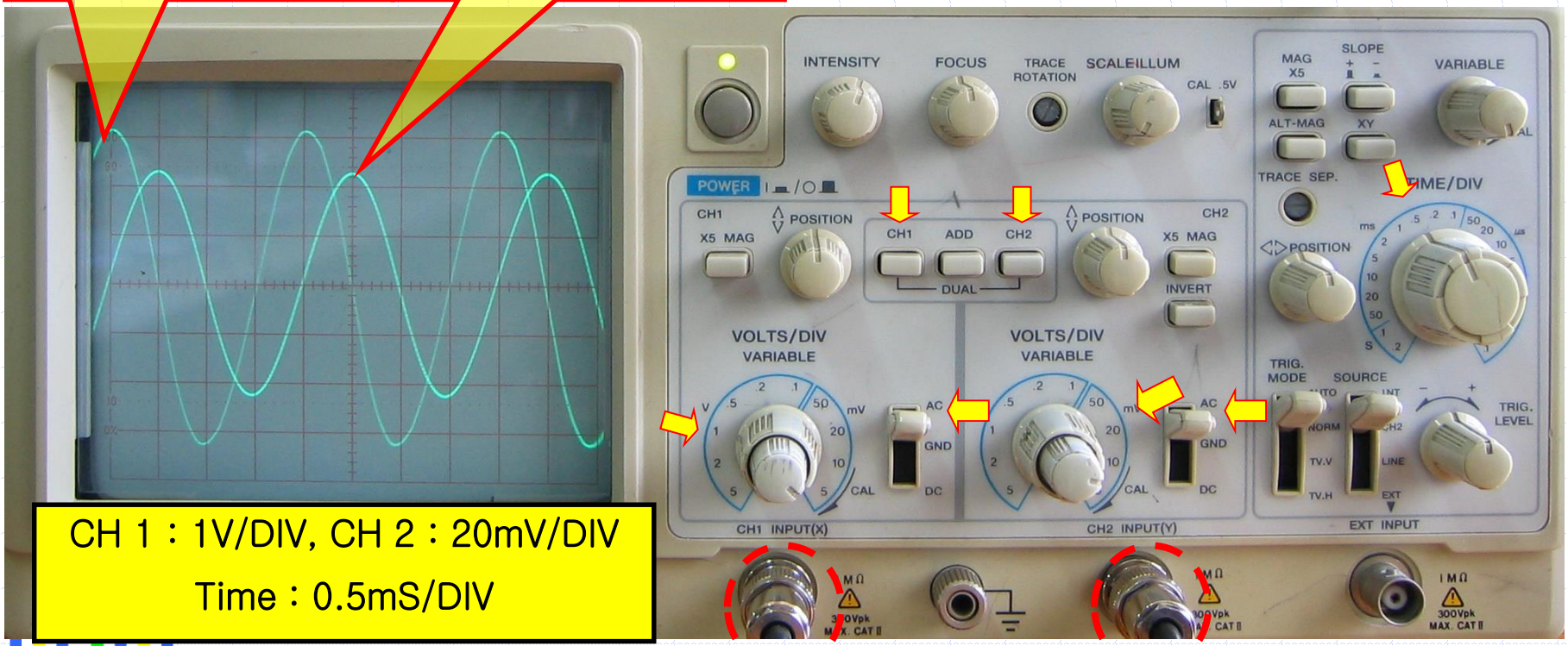
GND



10-6. 전압과 전류의 위상



CH 1 : 전압 파형 CH 2 : 전압 파형

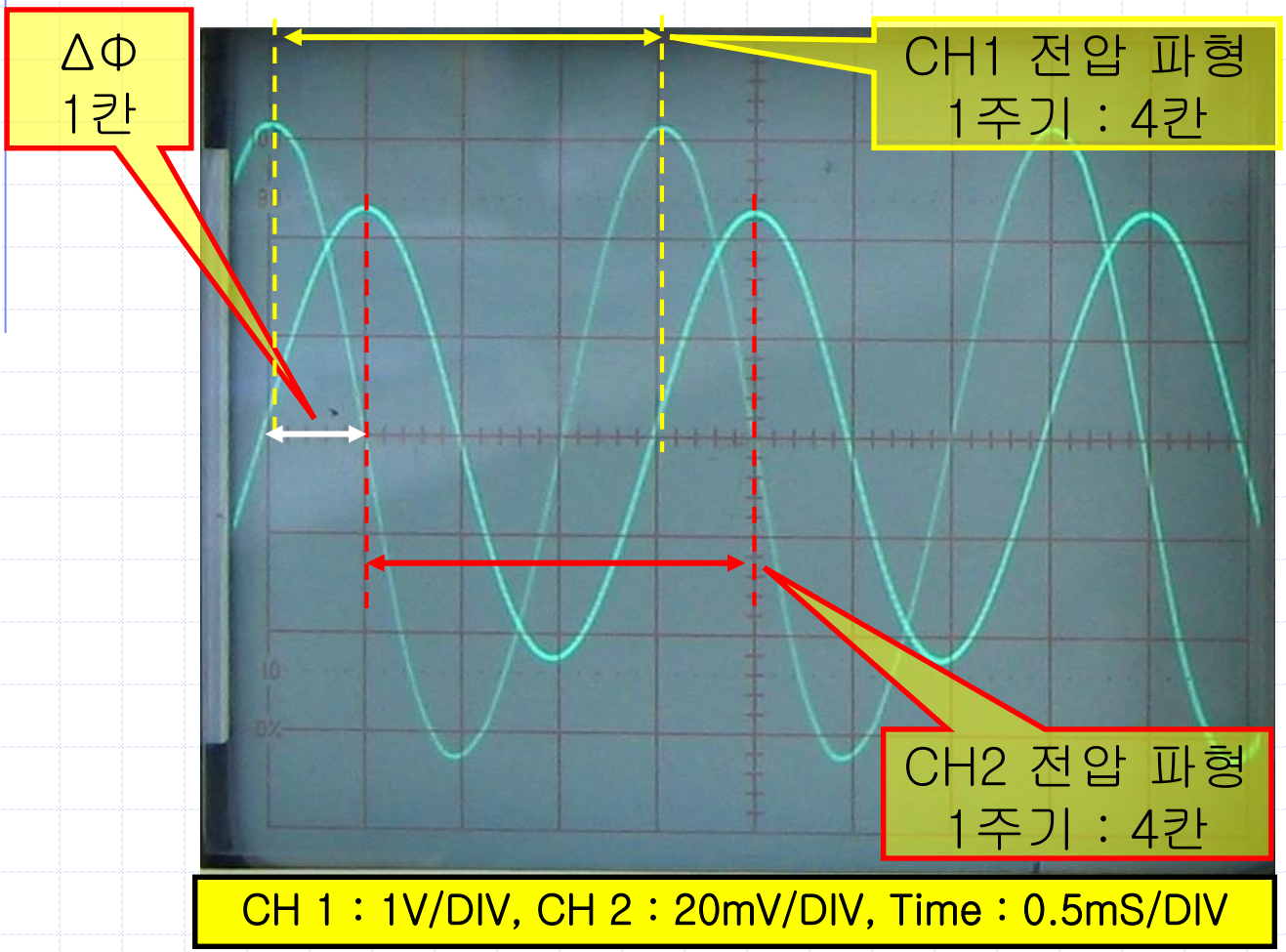


CH 1 : 1V/DIV, CH 2 : 20mV/DIV

Time : 0.5mS/DIV

10-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 500Hz)



$1T = 4칸 \times 0.5mSec$

$= 2mSec$

$\Delta t = 1칸 \times 0.5mSec$

$= 0.5mSec$

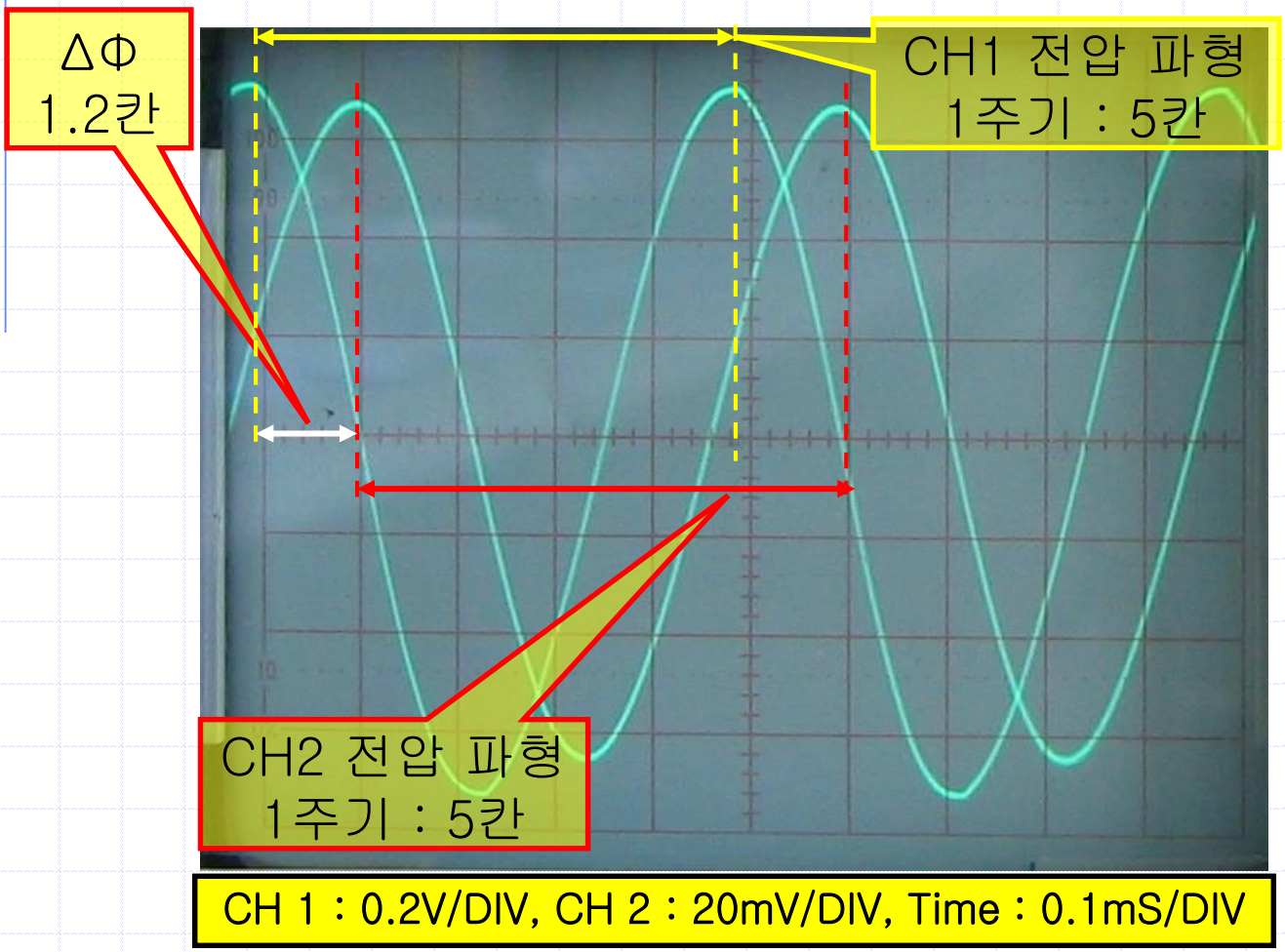
$2mSec : 0.5mSec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 90°$

10-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 2kHz)



$1T = 5칸 \times 0.1mSec$

$= 0.5mSec$

$\Delta t = 1.2칸 \times 0.1mSec$

$= 0.12mSec$

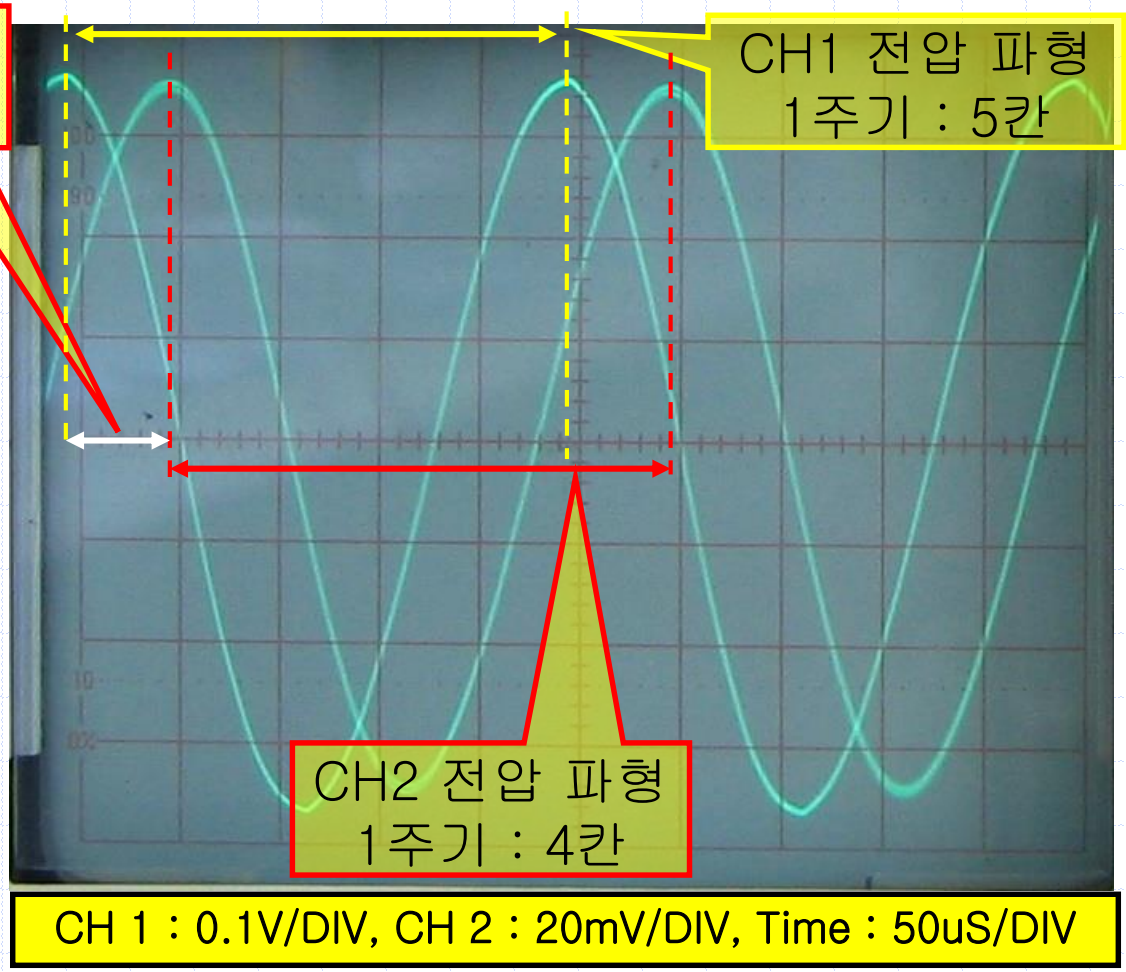
$0.5mSec : 0.12mSec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 86.4°$

10-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 4kHz)



$1T = 5칸 \times 50uSec$

$= 250uSec$

$\Delta t = 1.2칸 \times 50uSec$

$= 60uSec$

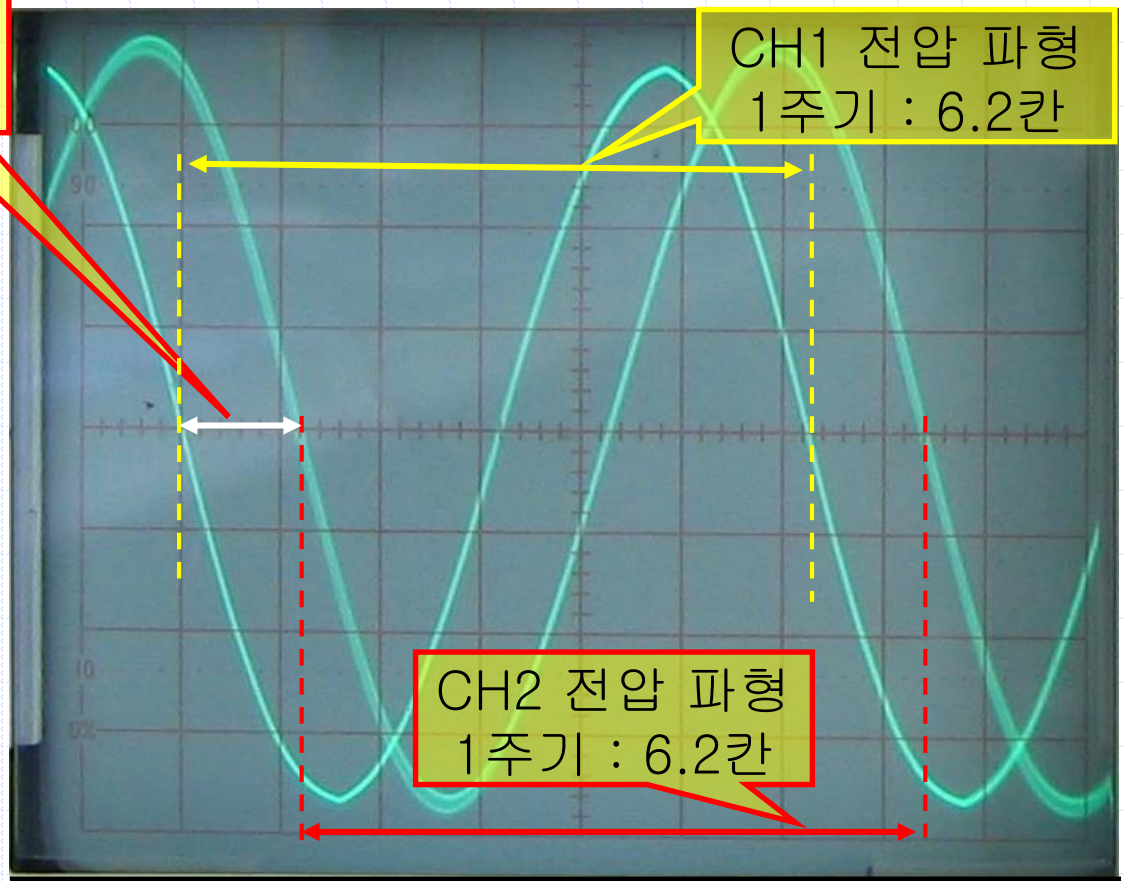
$250uSec : 60uSec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 86.4°$

10-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 8kHz)



$1T = 6.2칸 \times 20uSec$

$= 124uSec$

$\Delta t = 1.2칸 \times 20uSec$

$= 24uSec$

$124uSec : 24Sec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 69.7°$

10-6. 전압과 전류의 위상

주파수	실험 9.	계산값
500 Hz	90.0 도	90 도
2 kHz	86.4 도	90 도
4 kHz	86.4 도	90 도
8 kHz	69.7도	90 도