# 회로 이론/실습

## 11. 병렬 RC 회로

# 11. 병렬 RC 회로

11-1. 목적 및 배경

11-2. 소요 부품 및 장비

11-3. 유용한 공식

11-4. 주파수에 따른 임피던스

11-5. 주파수에 따른 위상의 변화

11-6. 전압과 전류의 위상

# 11-1. 목적 및 배경

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

# 11-2. 소요 부품 및 장비

- 부품
  - 저항 (1/4W) : 10Ω, 1kΩ
  - 캐패시터 : 0.1uF
- 장비
  - 브레드 보드
  - 디지털 멀티미터 (Digital Multi-Meter)
  - 직류 전원 공급 장치 (DC Power Supply)
  - 오실로스코프 (Oscilloscope)
  - 신호 발생기 (Function Generator)

# 11-3. 유용한 공식

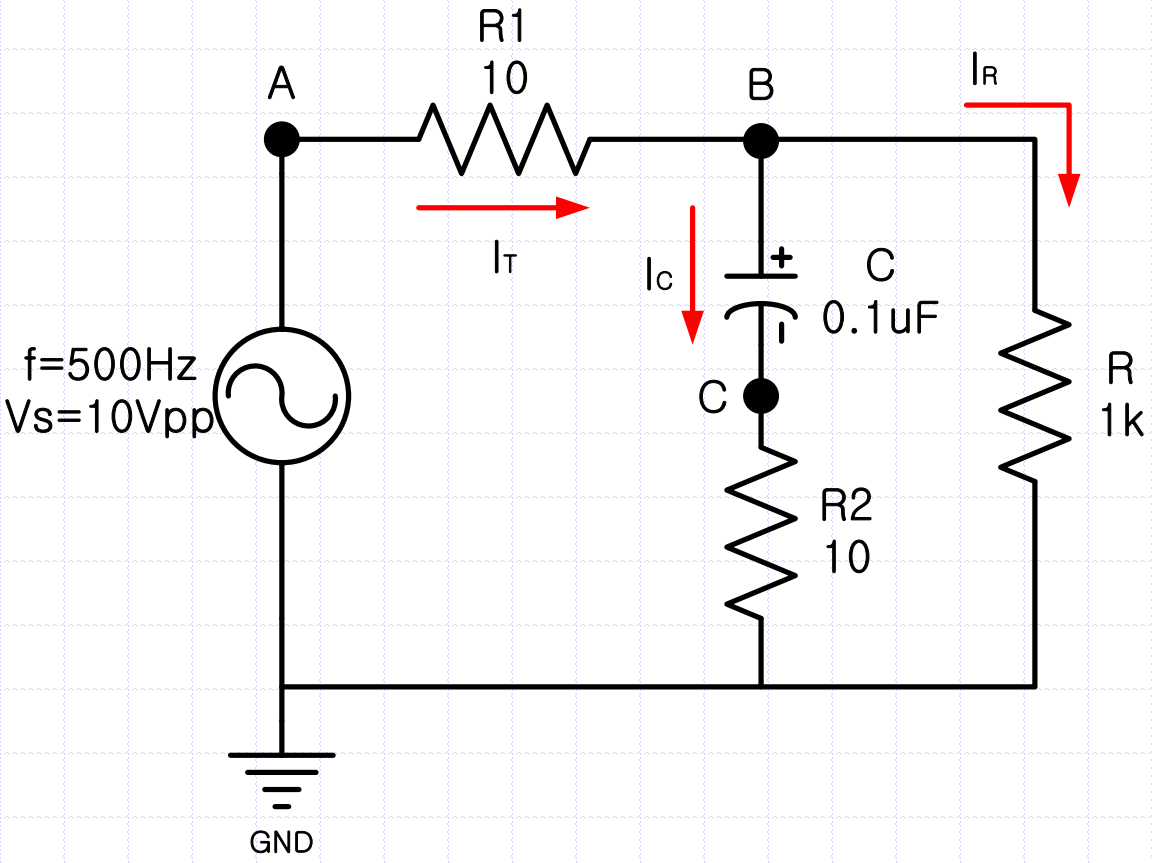
$$Z = \frac{(R\angle 0^{o})(X_C\angle 90^{o})}{R - jX_C} = \frac{RX_C\angle(0^{o} - 90^{o})}{\sqrt{R^2 + X_C^2}\angle -\tan^{-1}(\frac{X_C}{R})}$$

$$|Z| = \frac{RX_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

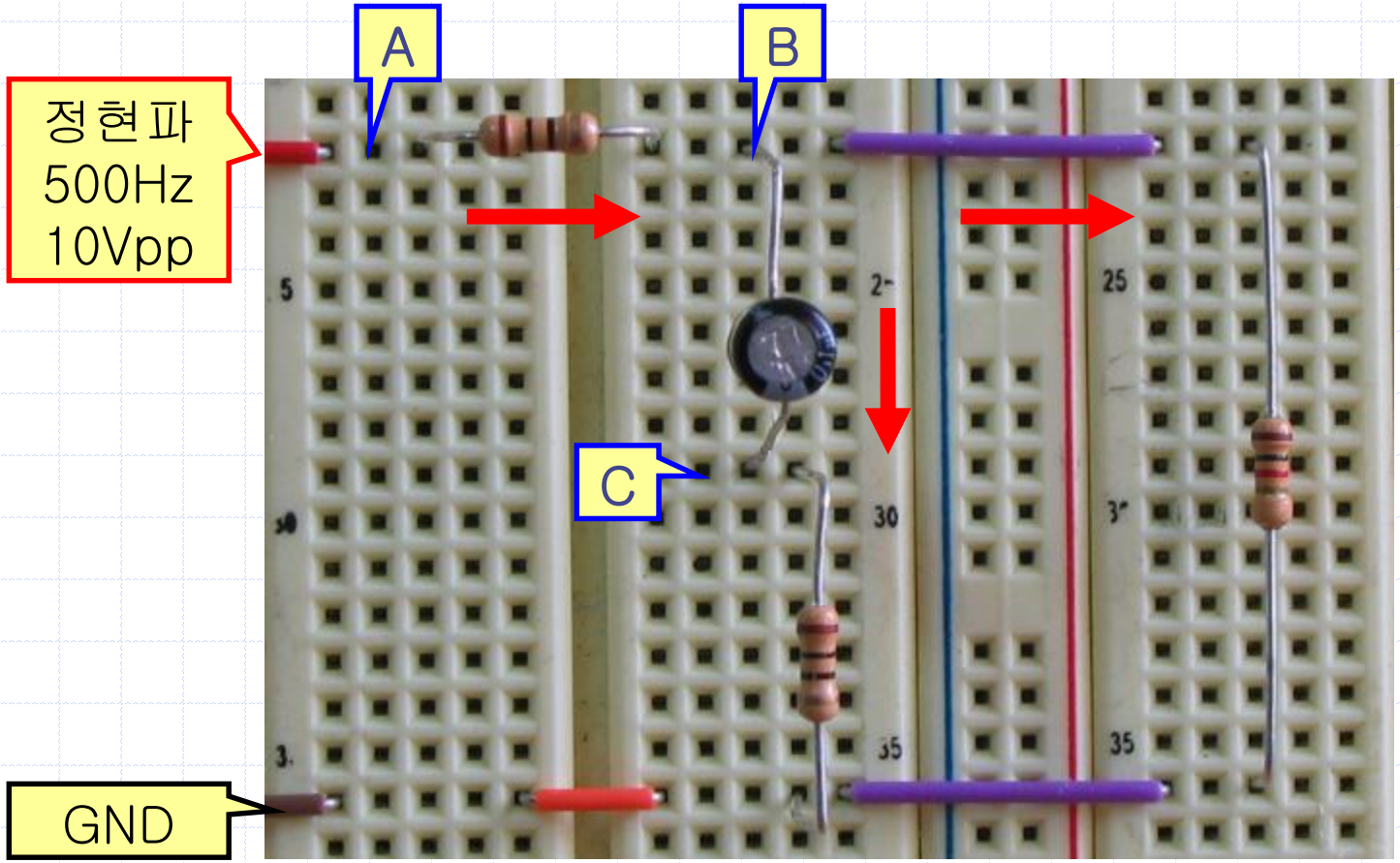
$$\theta = -\tan^{-1}(\frac{R}{X_C})$$

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

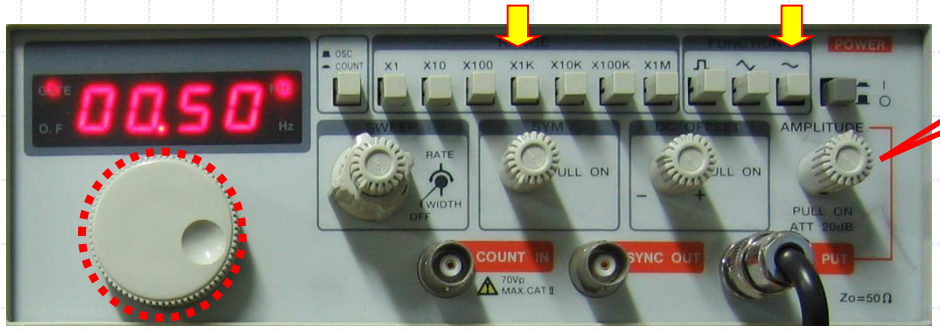
- 다음과 같이 회로를 연결하고, 신호 발생기를 조절하여 주파수 500Hz, 10Vpp 의 정현파가 나오도록 한다.



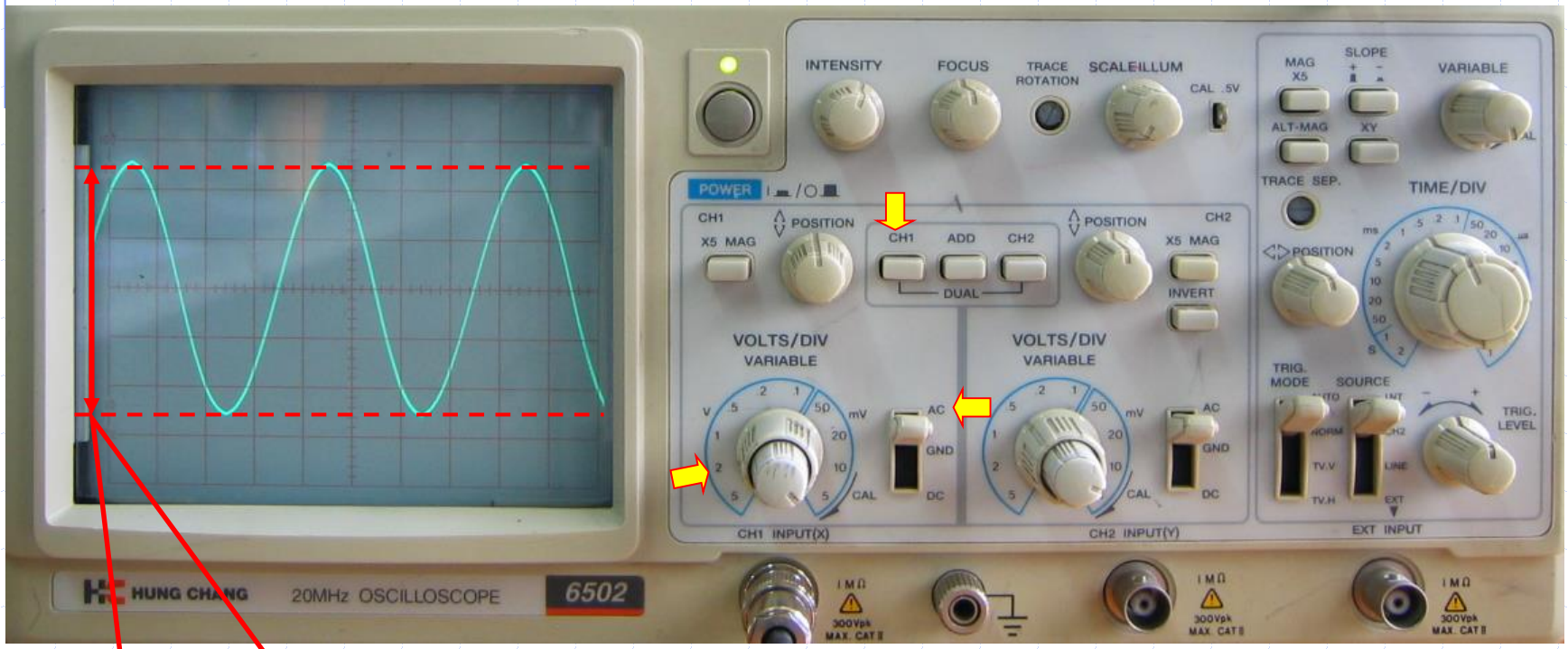
# 11-4. 주파수에 따른 임피던스



# 11-4. 주파수에 따른 임피던스



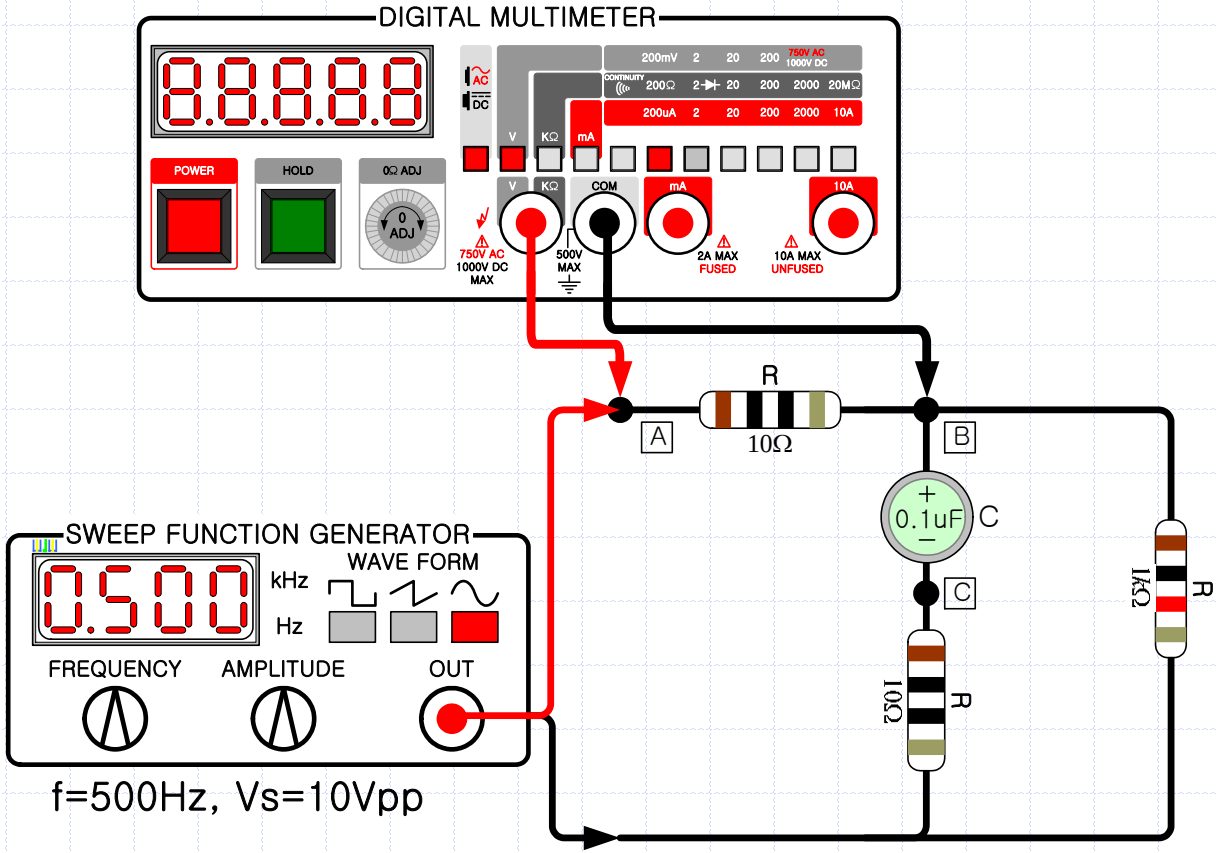

10Vpp




5칸X2V/DIV=10Vpp

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

- 디지털 멀티미터를 이용하여 저항 양단의 전압을 측정한다.

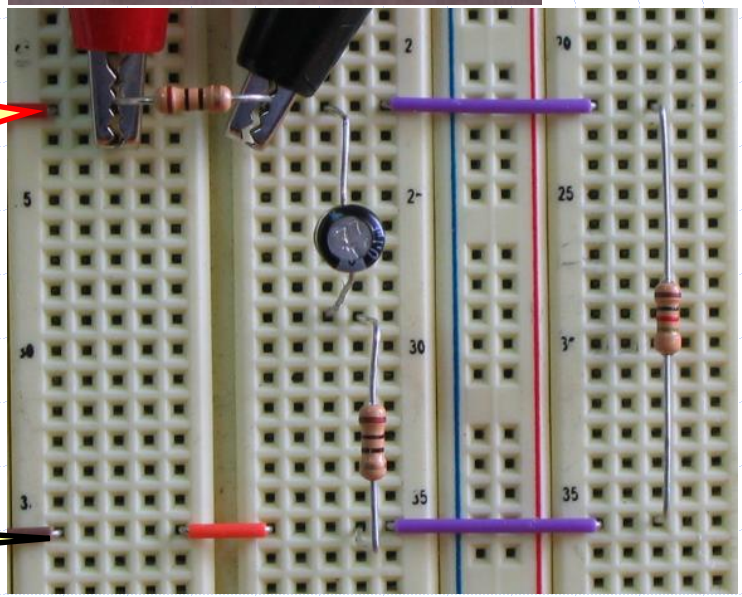


# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

✓ 주파수 : 500Hz

$V_{R1(rms)}$ = 35.32mV
$V_{R1(p-p)}$ = 35.32mV X 2 X 1.414= 99.88mVpp


정현파
500Hz
10Vpp

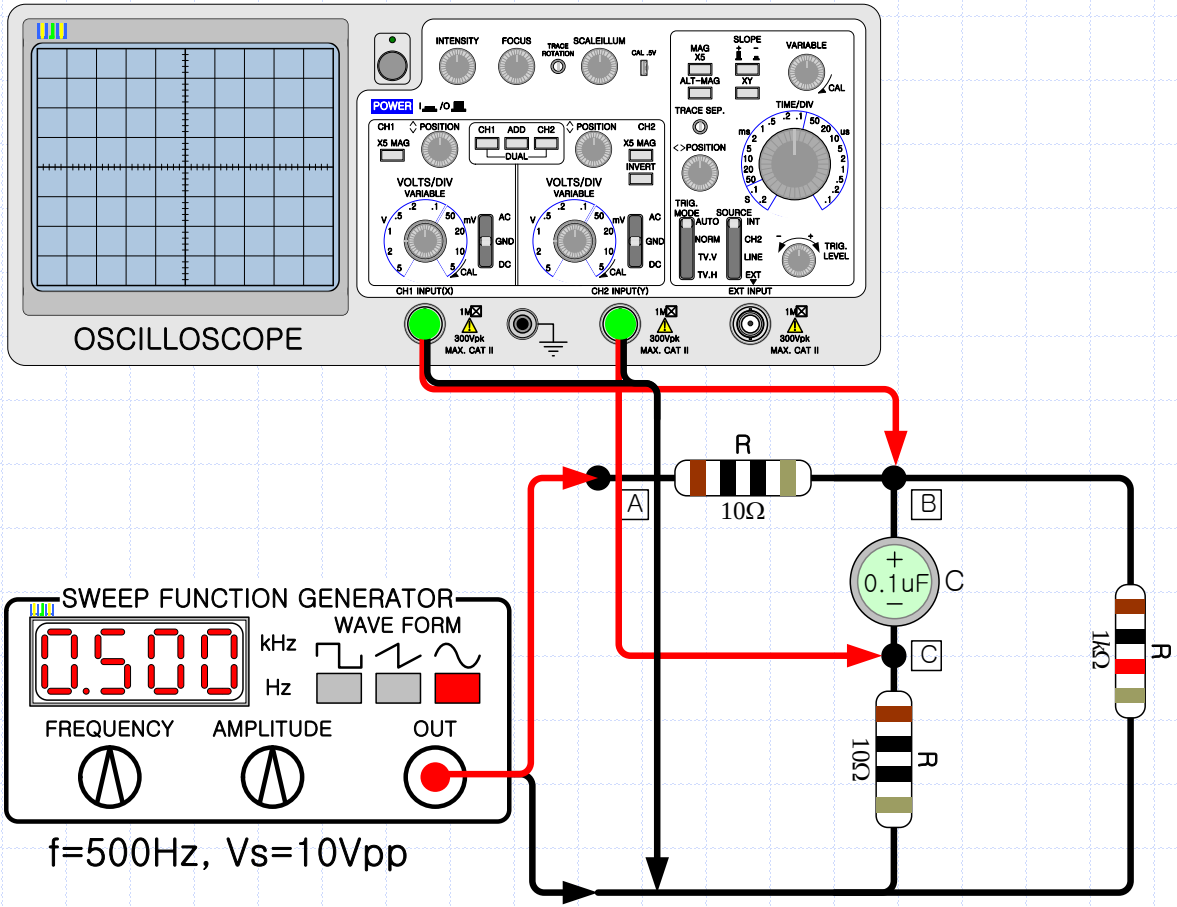


GND

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{99.88mV_{PP}}{10\Omega} = 9.988mA_{PP}$$

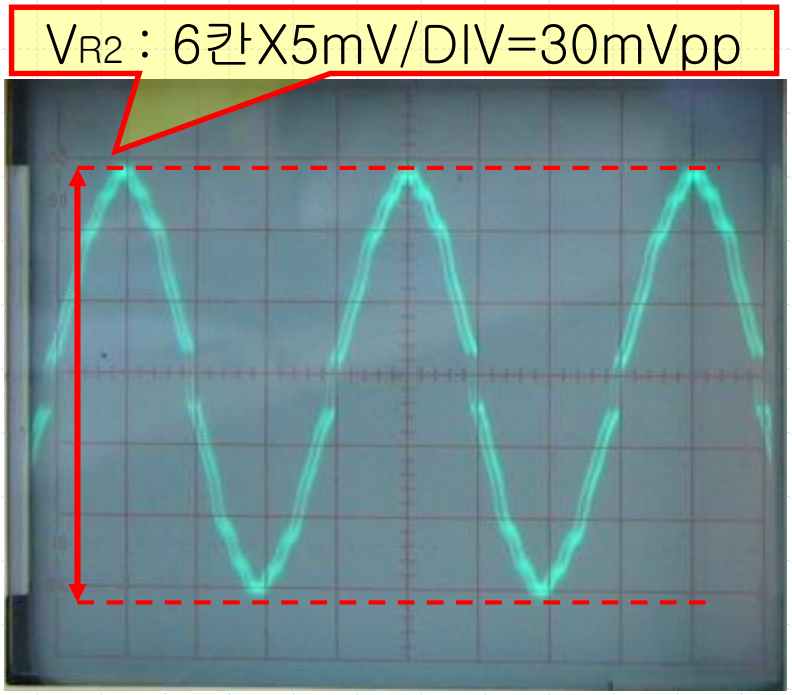
# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

- 오실로스코프의 CH 1 을 B점과 접지에, CH 2 를 C점과 접지에 연결하여 전압을 측정하라.

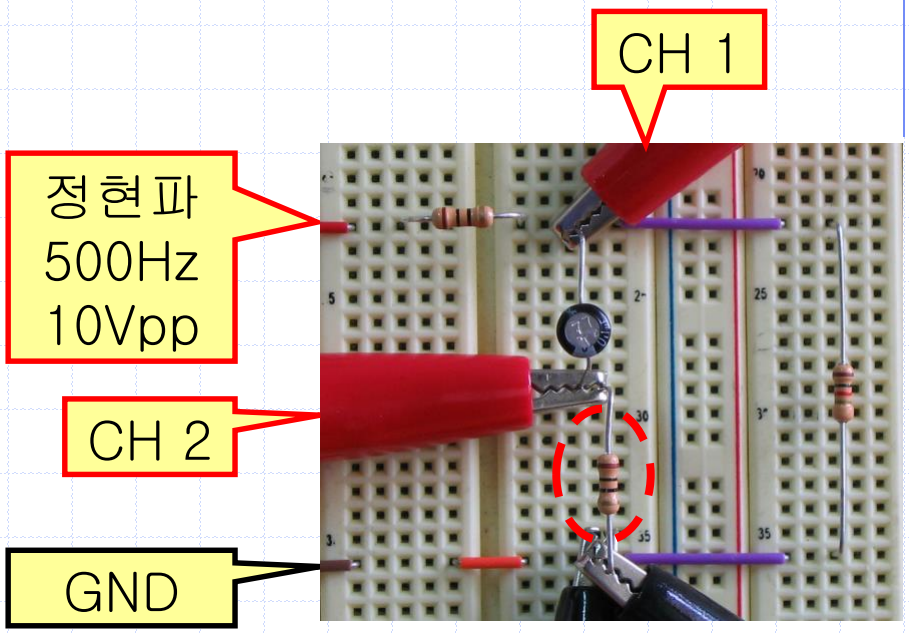


# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

- 주파수 : 500Hz, CH 2, $V_{R2}$ 의 전압




5mV/DIV, 0.5mS/DIV



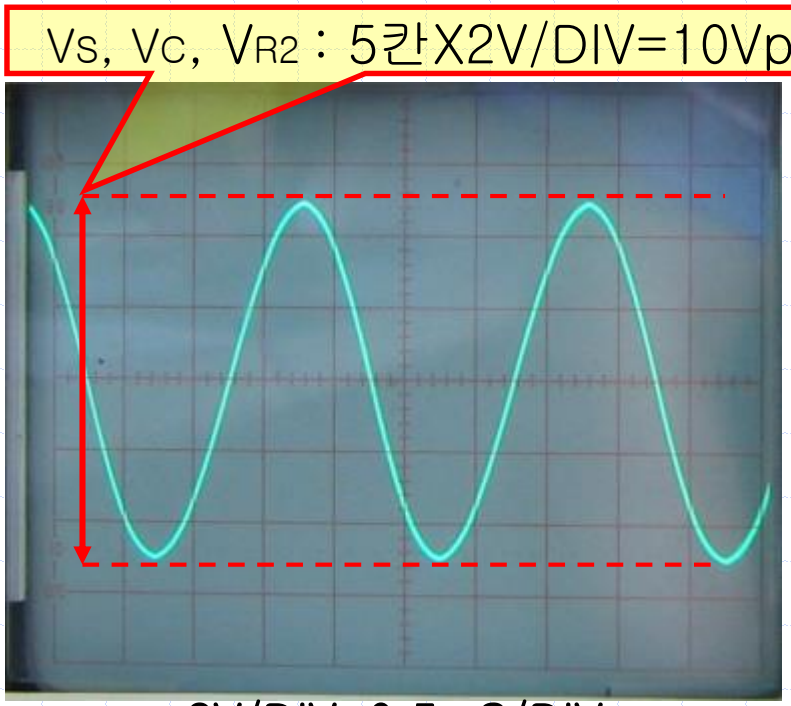

$$I_C(\text{실험}) = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{30mV_{PP}}{10\Omega} = 3mA_{PP}$$

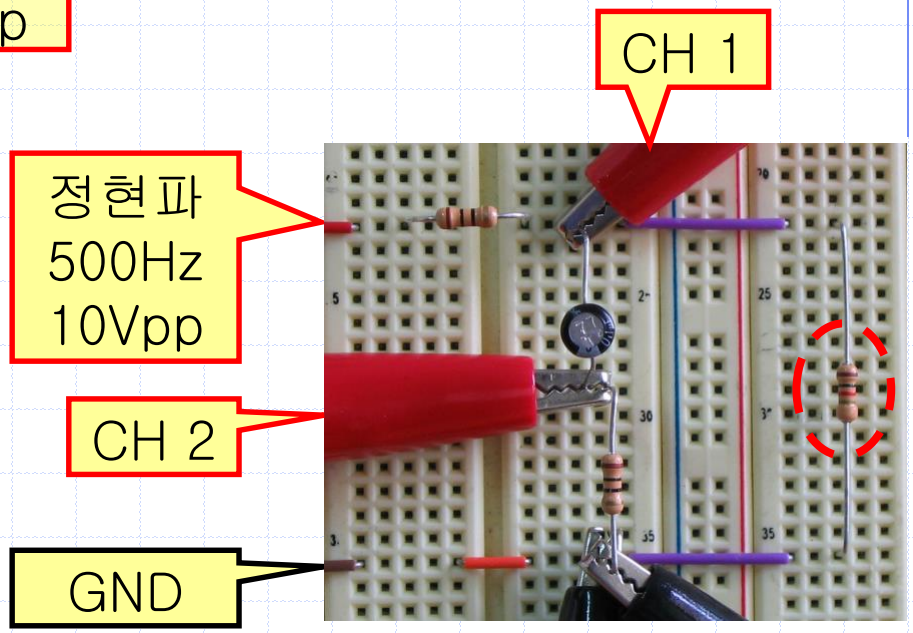
$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_C} = \frac{V_C}{I_C} = \frac{V_R}{I_C} = \frac{10V_{PP}}{3mA} = 3333.3\Omega$$

$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_T} = \frac{10V_{PP}}{9.988mA_{PP}} = 1001.2\Omega$$

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

- ✓ 주파수 : 500Hz, CH 1, $V_R$ 의 전압




$$I_R(\text{실험}) = \frac{V_R}{R} = \frac{10V_{PP}}{1k\Omega} = 10mA_{PP}$$

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

✓ 주파수 : 1kHz

$V_{R1(rms)}$ = 38.85mV
$V_{R1(p-p)}$ = 38.85mV X 2 X 1.414
= 109.86mVpp


$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{109.86mV_{PP}}{10\Omega} = 10.986mA_{PP}$$

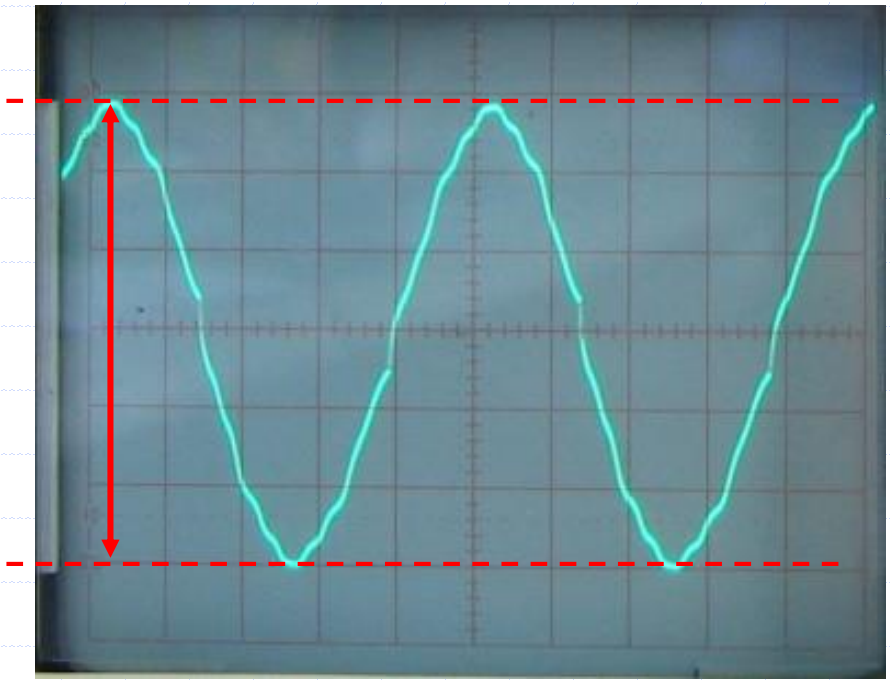
$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_T} = \frac{10V_{PP}}{10.986mA_{PP}} = 910.25\Omega$$

$$I_C(\text{실험}) = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{60mV_{PP}}{10\Omega} = 6mA_{PP}$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_C} = \frac{10V_{PP}}{6mA_{PP}} = 1666.67\Omega$$

✓ CH 2, $V_{R2}$ 의 전압

$V_{R2}$ : 6칸X10mV/DIV=60mVpp



10mV/DIV, 0.2mS/DIV

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

✓ 주파수 : 1.5kHz

$V_{R1(rms)}$ = 43.91mV
$V_{R1(p-p)}$ = 43.91mV X 2 X 1.414
= 124.18mVpp


$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{124.18mV_{PP}}{10\Omega} = 12.418mA_{PP}$$

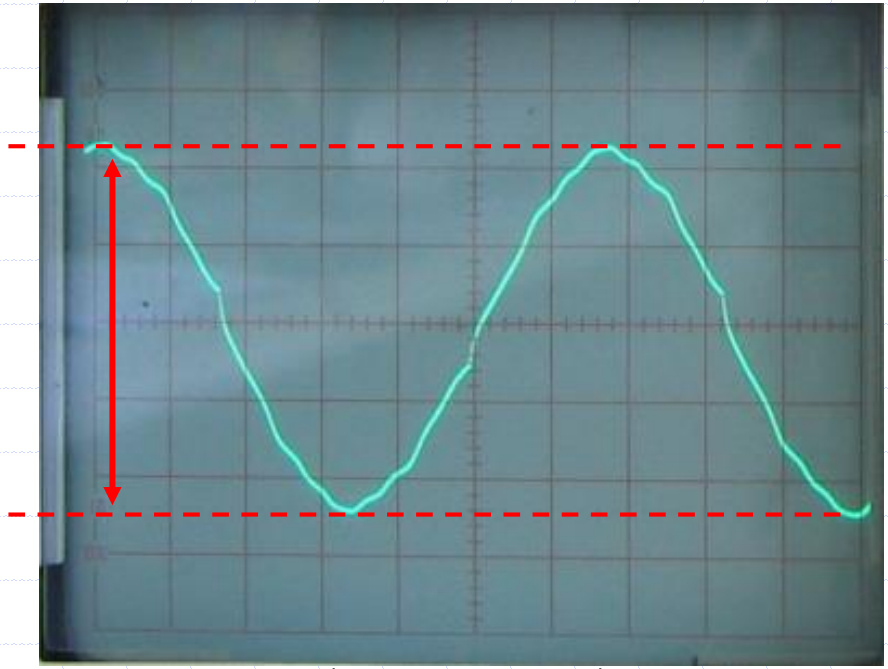
$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_T} = \frac{10V_{PP}}{12.418mA_{PP}} = 805.53\Omega$$

$$I_C(\text{실험}) = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{96mV_{PP}}{10\Omega} = 9.6mA_{PP}$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_C} = \frac{10V_{PP}}{6mA_{PP}} = 1041.67\Omega$$

✓ CH 2, $V_{R2}$ 의 전압

$V_{R2}$ : 4.8칸X20mV/DIV=96mVp



20mV/DIV, 0.1mS/DIV

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

✓ 주파수 : 2kHz

$V_{R1(rms)}$ = 49.97mV
$V_{R1(p-p)}$ = 49.97mV X 2 X 1.414
= 141.32mVpp


$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{141.32mV_{PP}}{10\Omega} = 14.132mA_{PP}$$

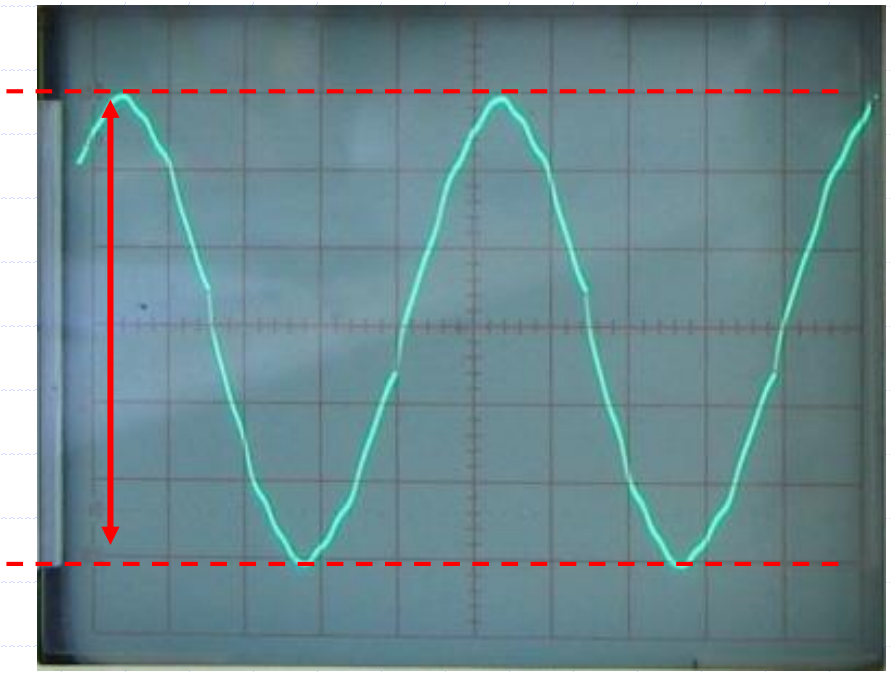
$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_T} = \frac{10V_{PP}}{14.132mA_{PP}} = 707.61\Omega$$

$$I_C(\text{실험}) = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{122mV_{PP}}{10\Omega} = 12.2mA_{PP}$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_C} = \frac{10V_{PP}}{12.2mA_{PP}} = 819.67\Omega$$

✓ CH 2, $V_{R2}$ 의 전압

$V_{R2}$ : 6.1칸X20mV/DIV=122mVpp



20mV/DIV, 0.1mS/DIV

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

✓ 주파수 : 4kHz

$V_{R1(rms)}$ = 79.29mV
$V_{R1(p-p)}$ = 79.29mV X 2 X 1.414
= 204.44mVpp


$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{204.44mV_{PP}}{10\Omega} = 20.444mA_{PP}$$

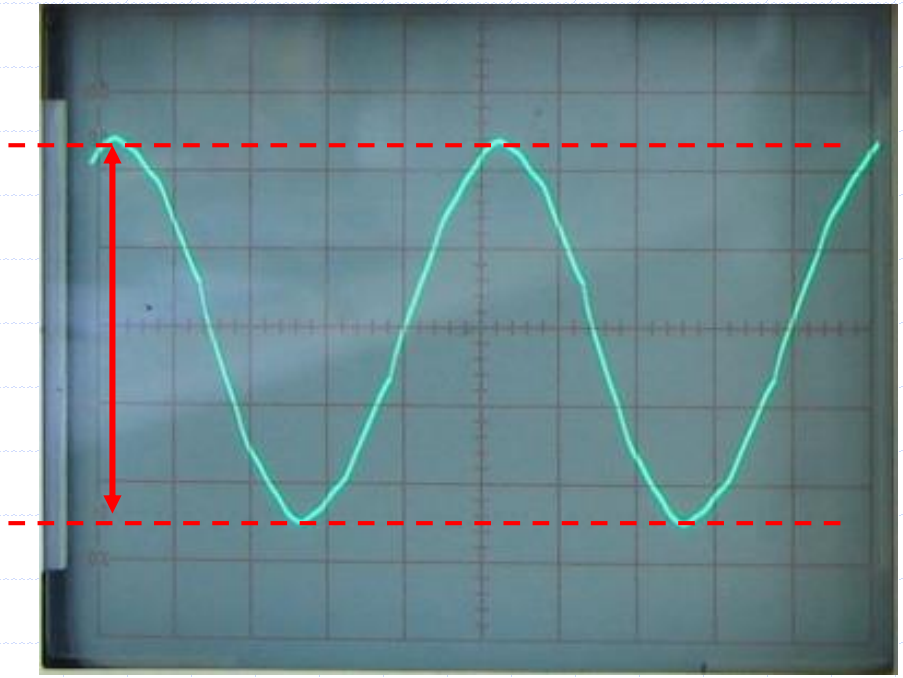
$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_T} = \frac{10V_{PP}}{20.444mA_{PP}} = 489.14\Omega$$

$$I_C(\text{실험}) = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{245mV_{PP}}{10\Omega} = 24.5mA_{PP}$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_C} = \frac{10V_{PP}}{24.5mA_{PP}} = 408.16\Omega$$

✓ CH 2, $V_{R2}$ 의 전압

$V_{R2}$ : 4.9칸X50mV/DIV=245mVpp



50mV/DIV, 0.1mS/DIV

# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

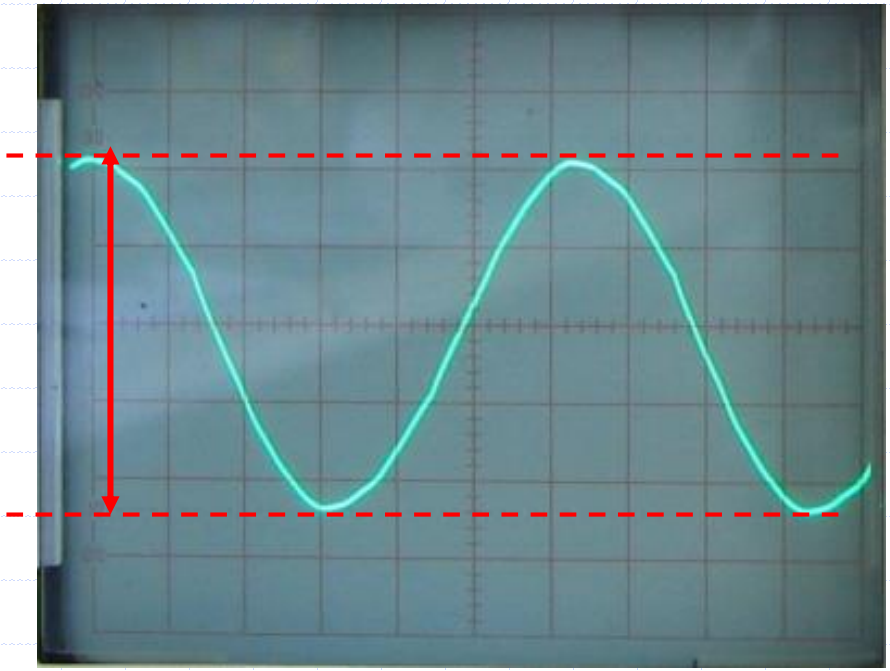
✓ 주파수 : 8kHz

$V_{R1(rms)}$ = 138.94mV

$V_{R1(p-p)}$ = 138.94mV X 2 X 1.414
= 392.92mVpp


✓ CH 2, $V_{R2}$ 의 전압

$V_{R2}$ : 4.4칸X0.1V/DIV=440mVpp



0.1V/DIV, 0.1mS/DIV

$$I_T(\text{실험}) = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{392.92mV_{PP}}{10\Omega} = 39.292mA_{PP}$$

$$|Z|(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_T} = \frac{10V_{PP}}{39.292mA_{PP}} = 254.50\Omega$$

$$I_C(\text{실험}) = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{440mV_{PP}}{10\Omega} = 44mA_{PP}$$

$$X_C(\text{실험}) = \frac{V_S}{I_C} = \frac{10V_{PP}}{44mA_{PP}} = 227.27\Omega$$

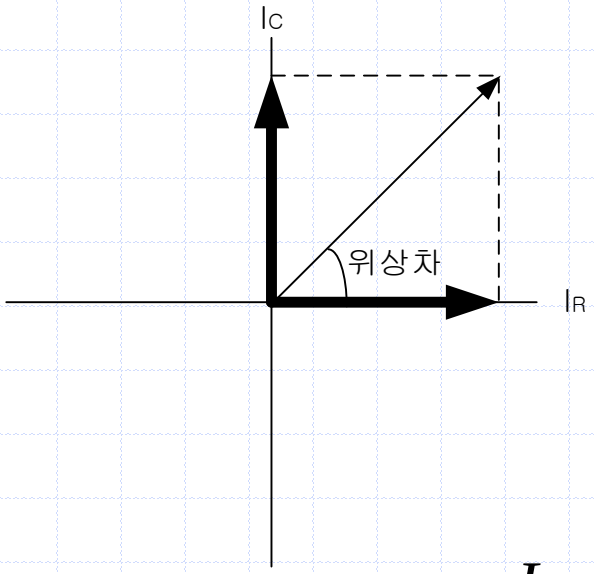
# 11-4. 주파수에 따른 임피던스

✓ 측정값의 비교

| 주파수 | $V_{R1}$ (mVpp) | | $I_T$ (mApp) | | $V_{R2}$ (mVpp) | | $I_C$ (mApp) | | $V_R$ (Vpp) | | $I_R$ (mApp) | | $X_C$ (Ω) | | \|Z\| (Ω) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 실험 | 이론 | 실험 | 이론 | 실험 | 이론 | 실험 | 이론 | 실험 | 이론 | 실험 | 이론 | 실험 | 이론 | 실험 | 이론 |
| 500Hz | 99.88 | 105 | 9.99 | 10.5 | 30 | 30 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3333 | 3183 | 1001 | 954 |
| 1kHz | 109.86 | 118 | 10.99 | 11.8 | 60 | 63 | 6 | 6.3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1667 | 1592 | 910 | 847 |
| 1.5kHz | 124.18 | 137 | 12.42 | 13.7 | 96 | 94 | 9.6 | 9.4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1042 | 1061 | 806 | 728 |
| 2kHz | 141.32 | 161 | 14.13 | 16.1 | 122 | 126 | 12.2 | 12.6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 820 | 796 | 708 | 623 |
| 4kHz | 204.44 | 270 | 20.44 | 27 | 245 | 251 | 24.5 | 25.1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 408 | 398 | 489 | 370 |
| 8kHz | 392.92 | 513 | 39.29 | 51.3 | 440 | 503 | 44 | 50.3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 227 | 199 | 255 | 195 |

# 11-5. 주파수에 따른 위상의 변화

| 주파수 | $I_C$ 와 $I_R$ 의 위상차 (도) | |
|---|---|---|
| | 실험 8. | 계산값 |
| 500 Hz | 16.7 | 17.44 |
| 1 kHz | 30.96 | 32.13 |
| 1.5 kHz | 43.83 | 43.3 |
| 2 kHz | 50.66 | 51.48 |
| 4 kHz | 67.8 | 68.3 |
| 8 kHz | 77.2 | 78.75 |

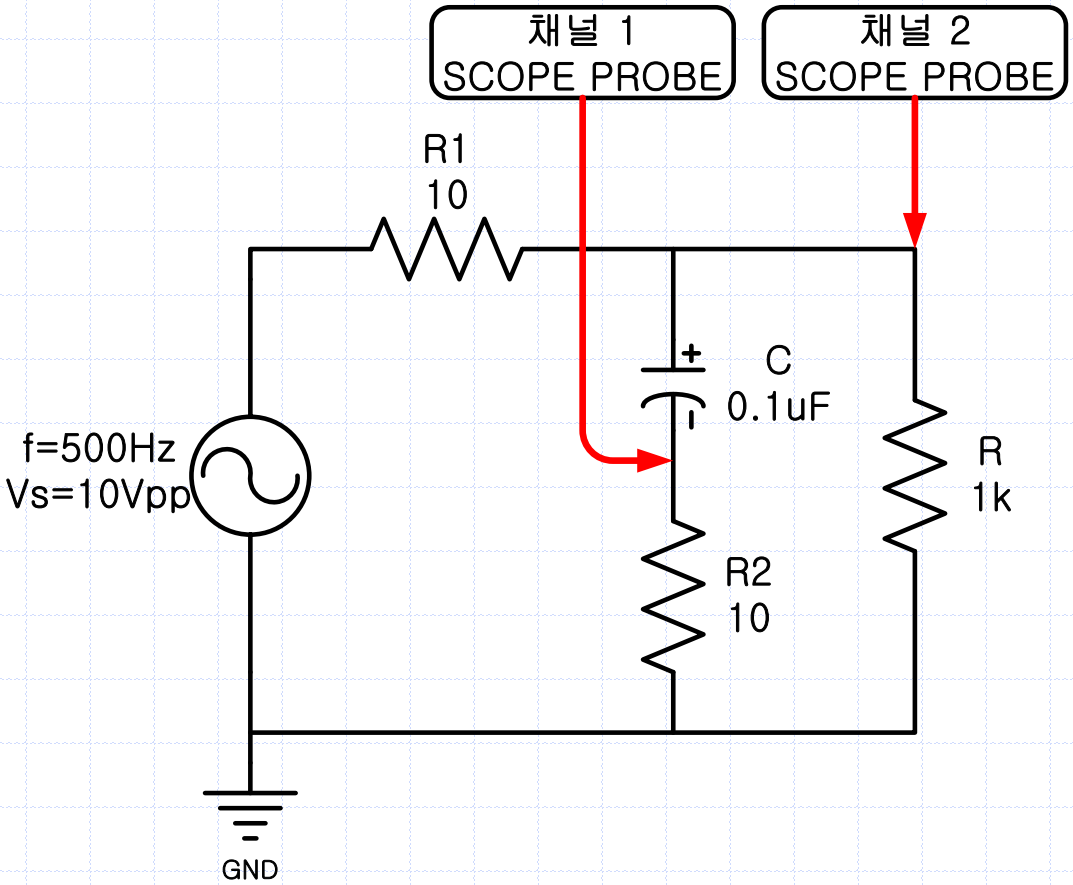



$$\text{위상차(실험8.)} = \tan^{-1}\left(\frac{I_C}{I_R}\right)$$

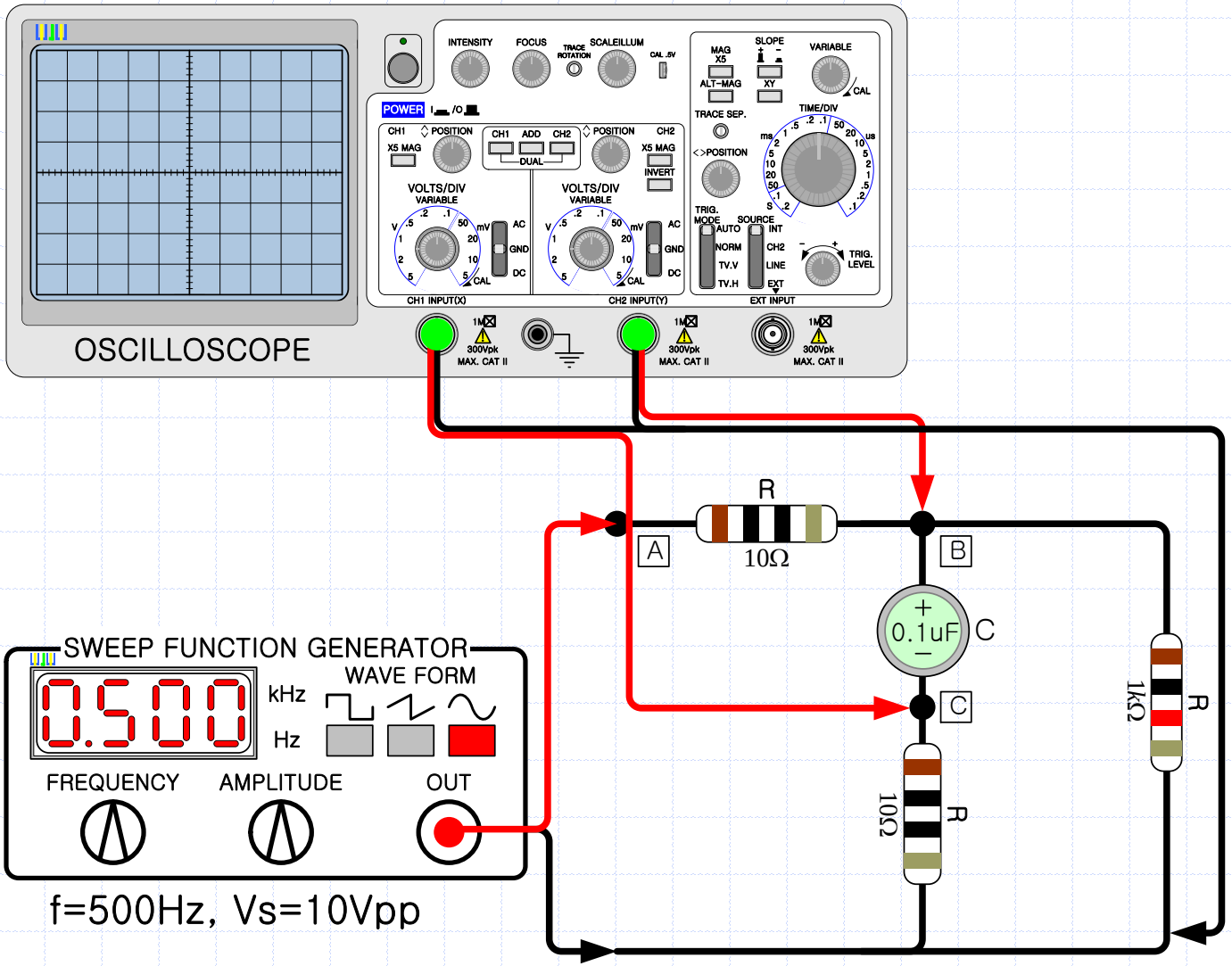
$$\text{위상차(계산값)} = \tan^{-1}\left(\frac{R}{X_C}\right)$$

# 11-6. 전압과 전류의 위상

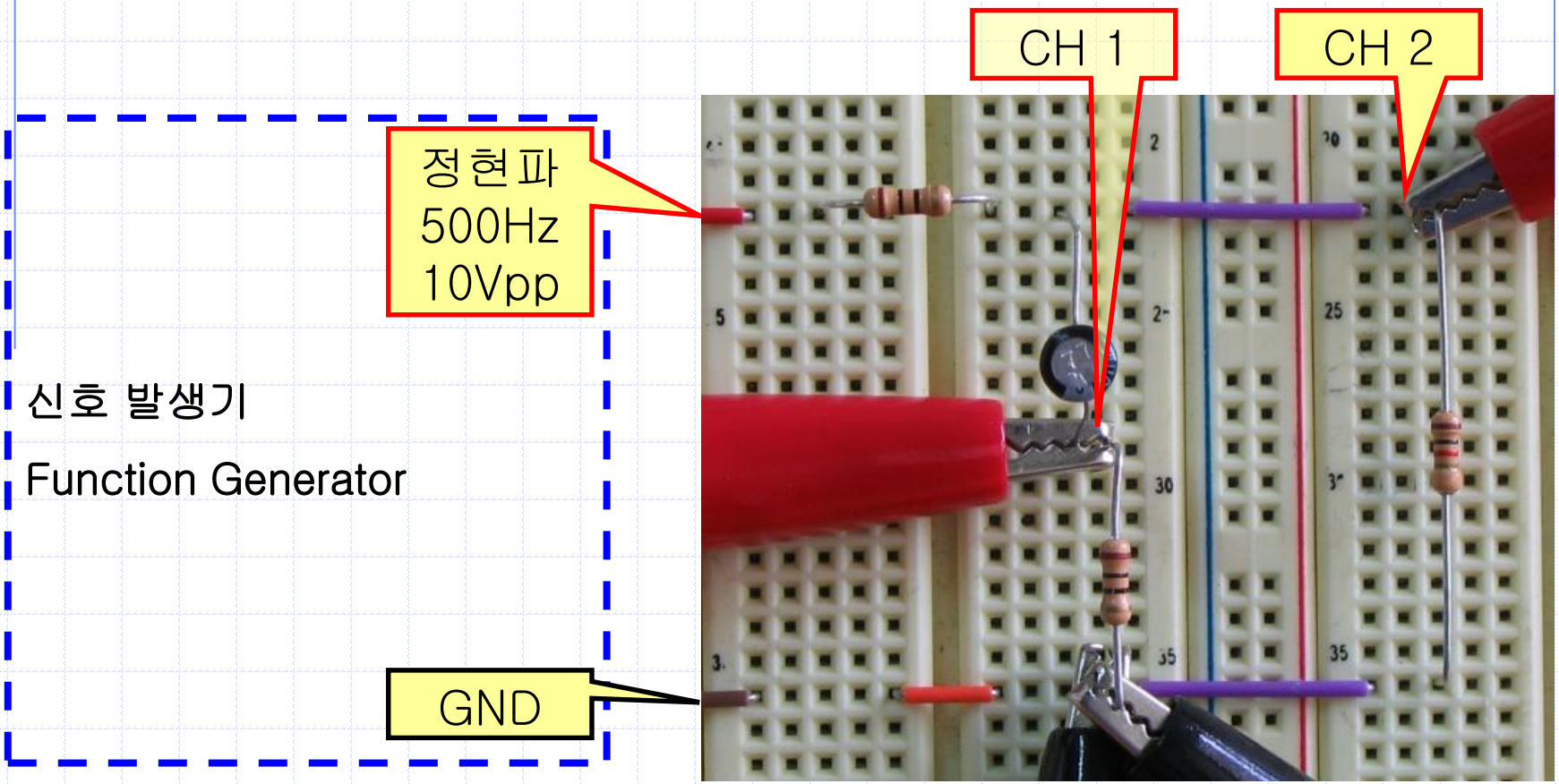
- 다음과 같이 회로를 연결하고, 신호 발생기를 조절하여 주파수 500Hz, 10Vpp 의 정현파가 나오도록 한다.



# 11-6. 전압과 전류의 위상

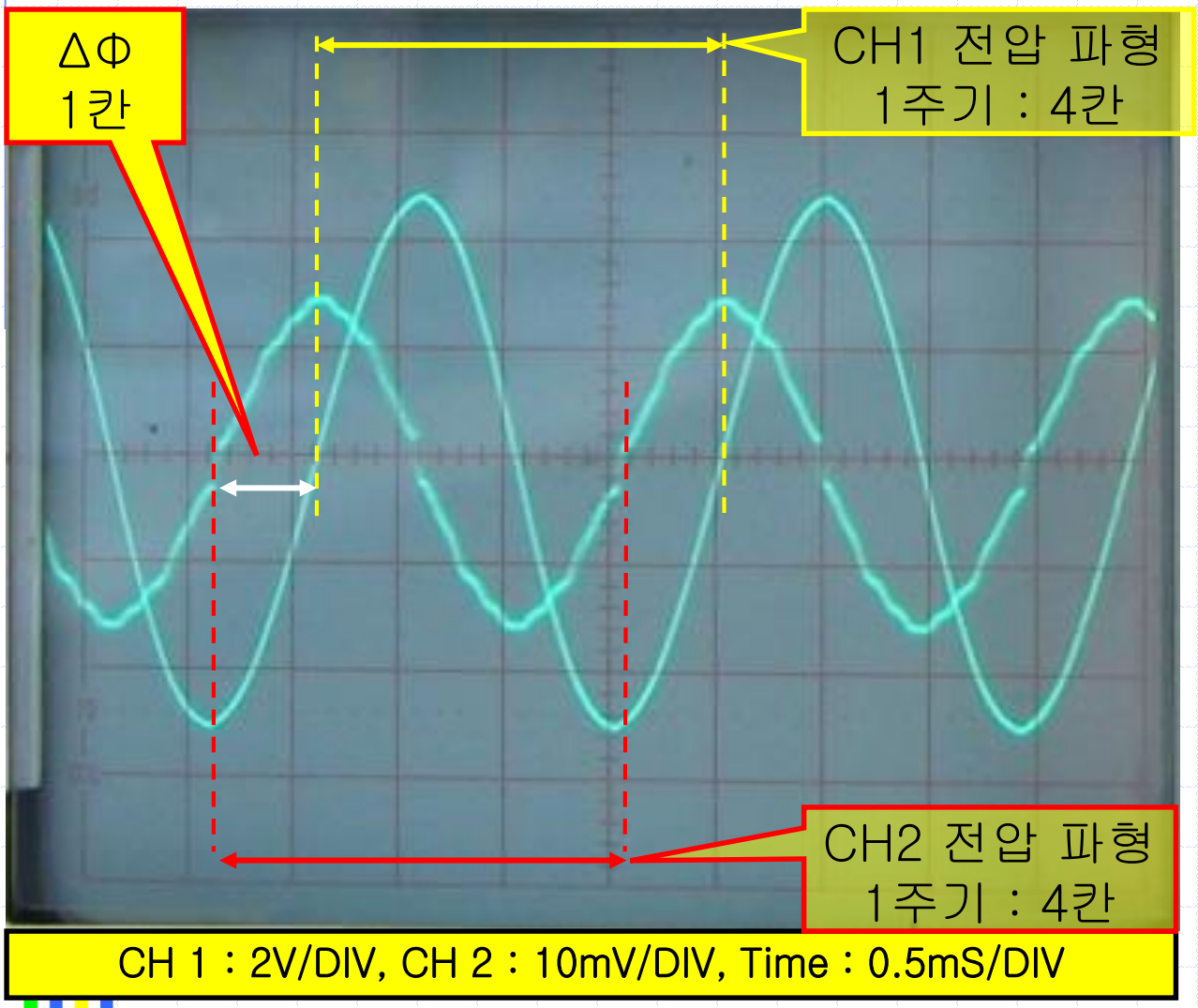


# 11-6. 전압과 전류의 위상



# 11-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 500Hz)




$$1T = 4칸 \times 0.5mSec$$
$$= 2mSec$$

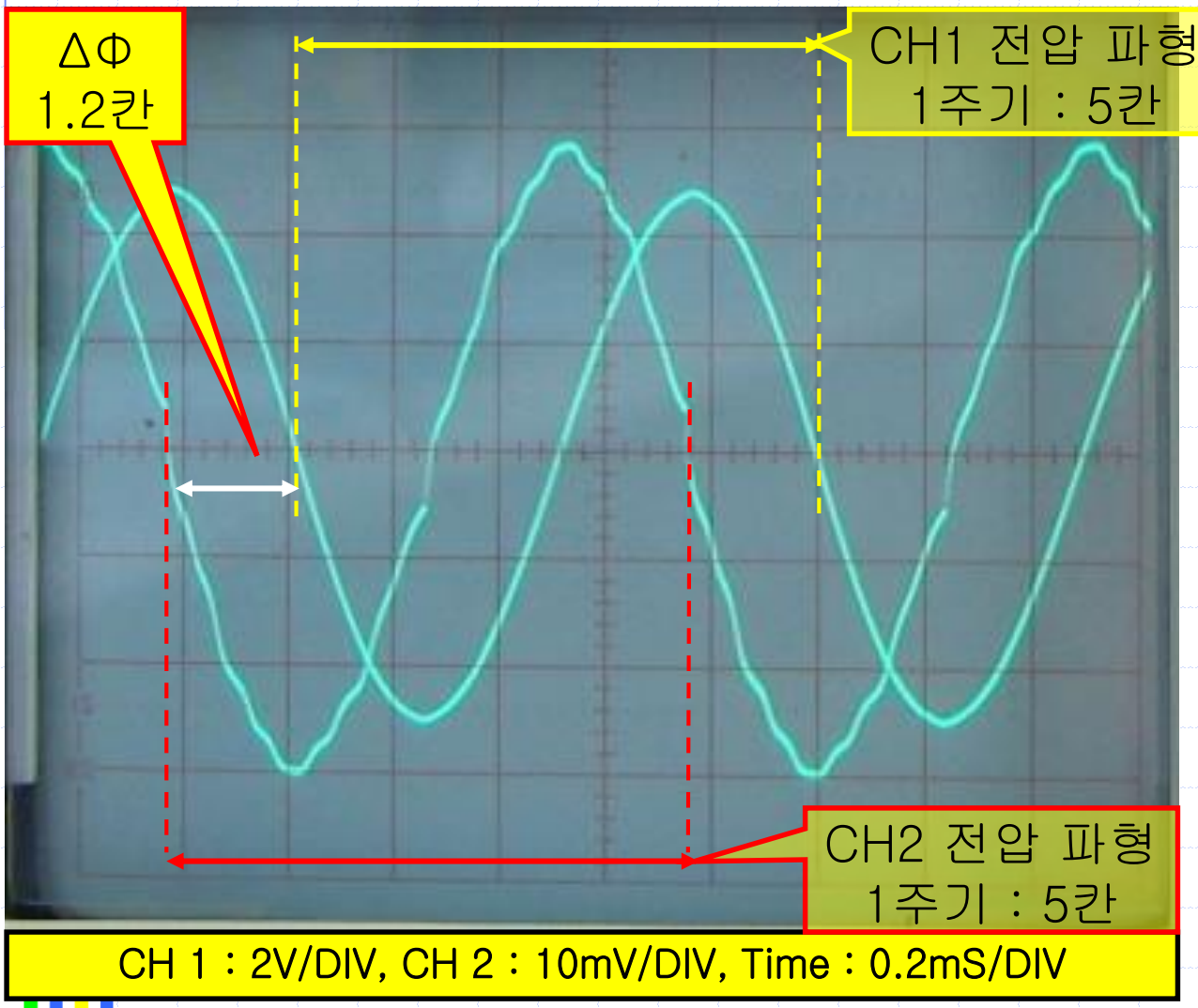
$$\Delta t = 1칸 \times 0.5mSec$$
$$= 0.5mSec$$

$$2mSec : 0.5mSec$$
$$= 360° : \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 90°$$

# 11-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 1kHz)




$1T = 5칸 \times 0.2mSec$

$= 1mSec$

$\Delta t = 1.2칸 \times 0.2mSec$

$= 0.24mSec$

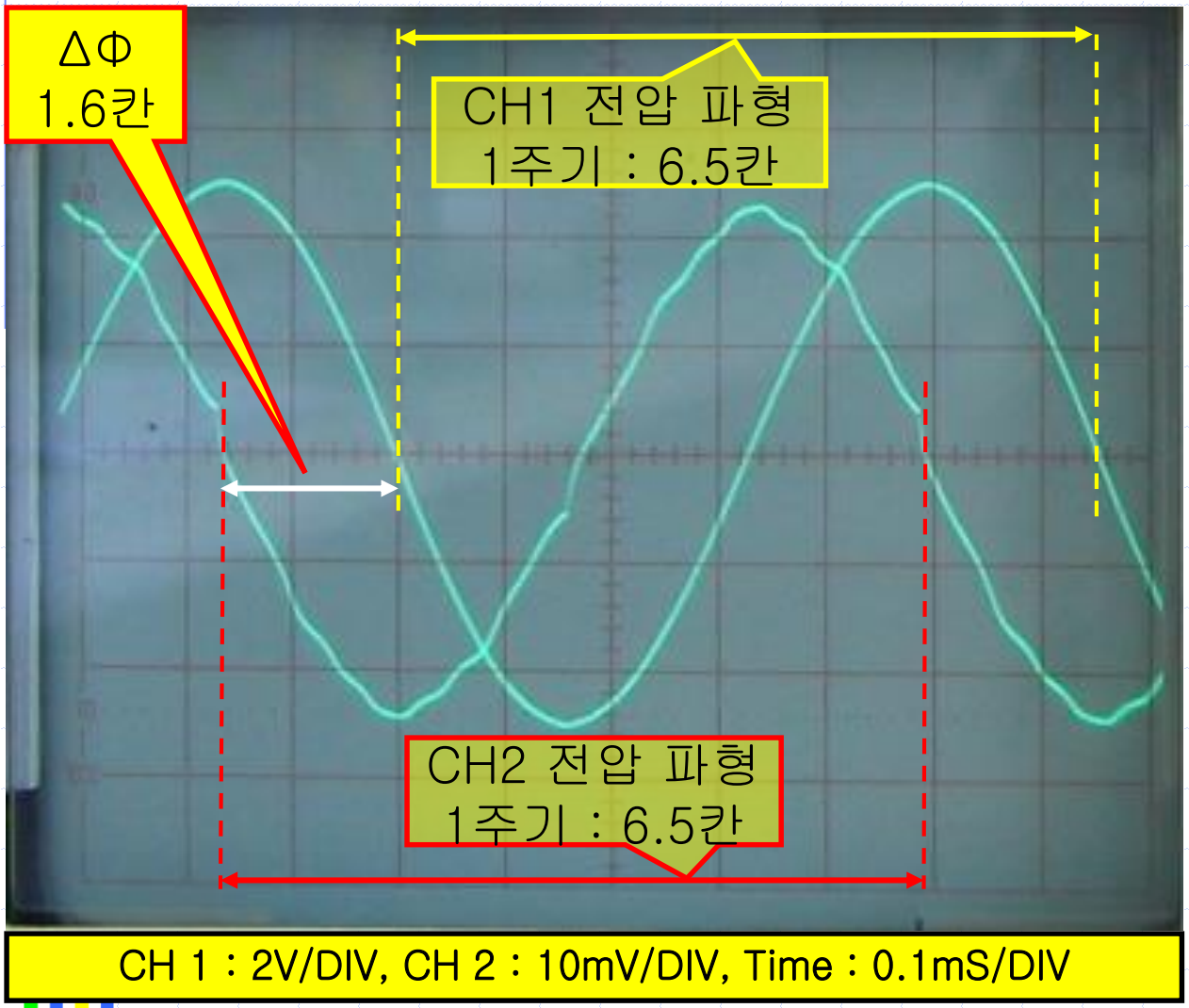
$1mSec : 0.24mSec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 86.4°$

# 11-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 1.5kHz)




$$1T = 6.5칸 \times 0.1mSec$$
$$= 0.65mSec$$

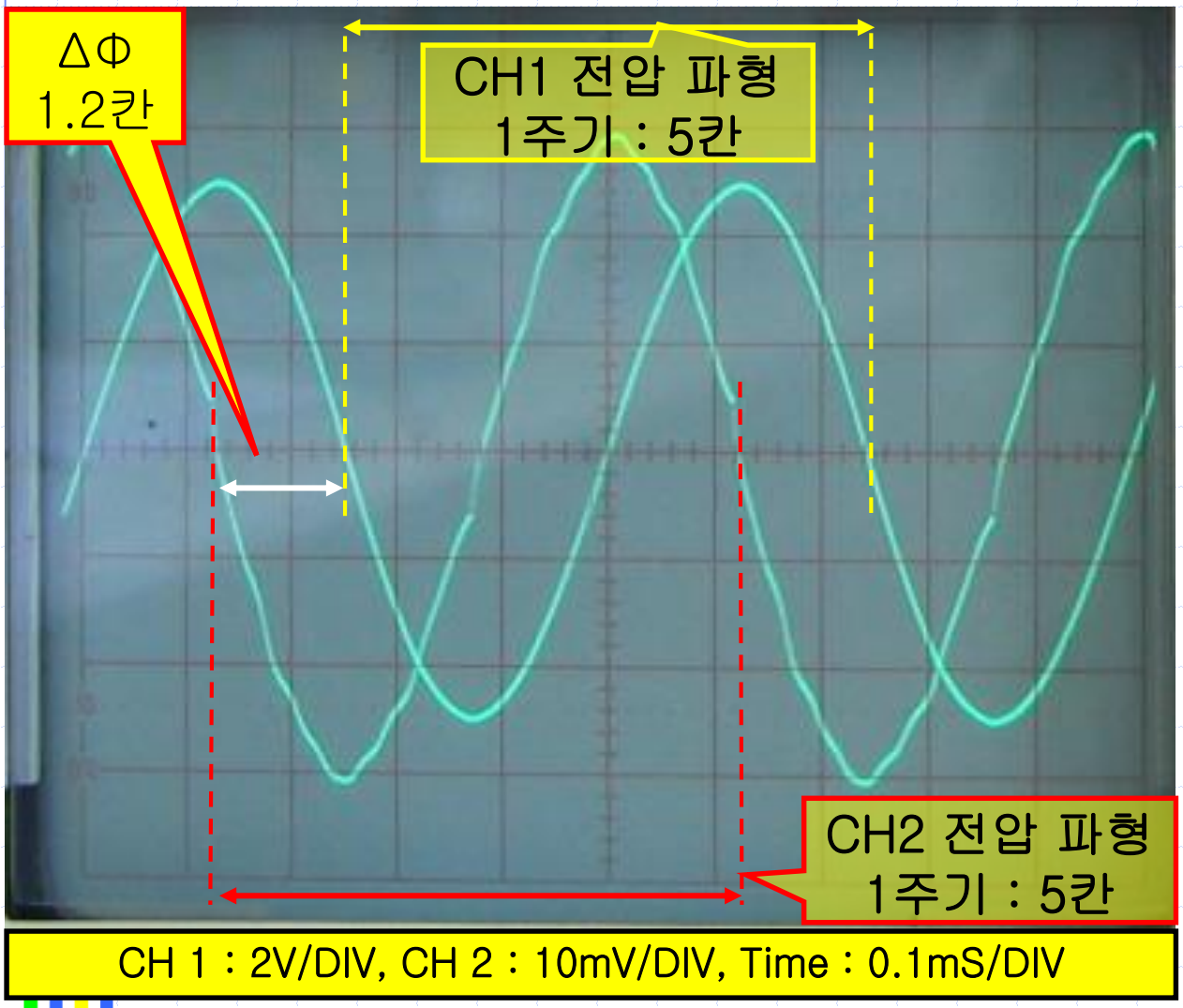
$$\Delta t = 1.6칸 \times 0.1mSec$$
$$= 0.16mSec$$

$$0.65mSec : 0.16mSec$$
$$= 360° : \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 88.62°$$

# 11-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 2kHz)




$1T = 5칸 \times 0.1mSec$

$= 0.5mSec$

$\Delta t = 1.2칸 \times 0.1mSec$

$= 0.12mSec$

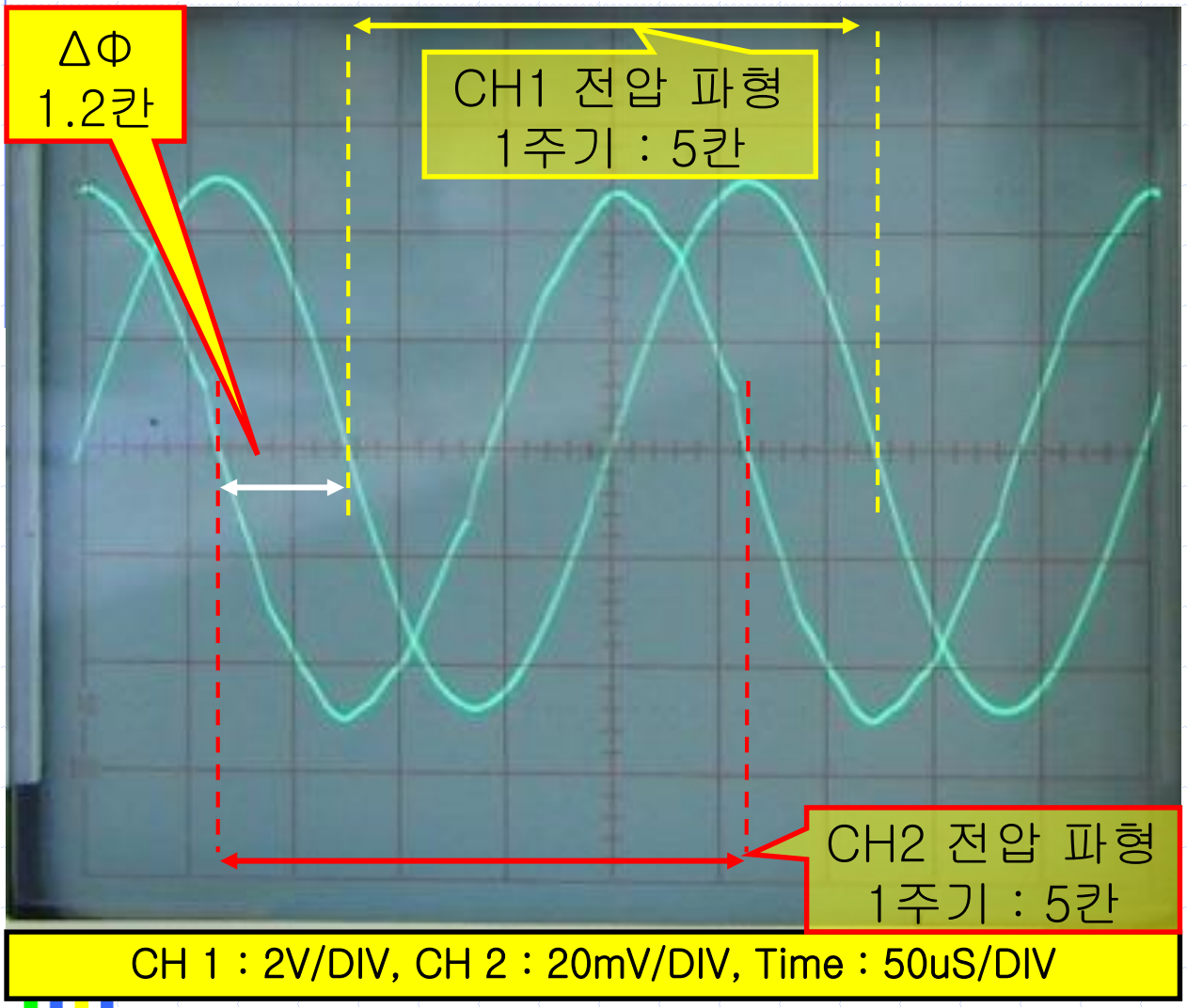
$0.5mSec : 0.12mSec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 86.4°$

# 11-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 4kHz)




$1T = 5칸 \times 50\mu Sec$

$= 250\mu Sec$

$\Delta t = 1.2칸 \times 50\mu Sec$

$= 60\mu Sec$

$250\mu Sec : 60\mu Sec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 86.4°$

# 11-6. 전압과 전류의 위상

✓ 위상차를 측정하라. (주파수 : 8kHz)


$1T = 6칸 \times 20\mu Sec$

$= 120\mu Sec$

$\Delta t = 1.5칸 \times 20\mu Sec$

$= 30\mu Sec$

$120\mu Sec : 30\mu Sec$

$= 360° : \Delta\theta$

$\Delta\theta = 90°$

# 11-6. 전압과 전류의 위상

| 주파수 | 실험 9. | 계산값 |
|---|---|---|
| 500 Hz | 90 도 | 90 도 |
| 1 kHz | 86.4 도 | 90 도 |
| 1.5 kHz | 88.62 도 | 90 도 |
| 2 kHz | 86.4 도 | 90 도 |
| 4 kHz | 86.4 도 | 90 도 |
| 8 kHz | 90도 | 90 도 |