

学籍番号： \_\_\_\_\_， 名前： \_\_\_\_\_， 合計点： \_\_\_\_\_

コンピュータ理工学実験 2016 年度期末テスト（105 点満点）

2016 年 8 月 4 日（木）実施。注意事項：問題用紙の裏は計算用紙に使って良いが、答案自体は必ずページ数のある問題用紙内（表側）に記入すること。また最終ページのアンケートも点数に含まれます。ここは正直に回答して下さい。

問題 1. 小問集 1（合計 18 点）

[1] SI 単位系基本単位 7 種のうち 1 つは光度（単位 cd）がある。光度以外に物理量と単位記号のセットで 5 つ答えなさい。例（光度：cd）。全部正解で 4 点

( \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ ) ( \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ ) ( \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ )  
( \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ ) ( \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ ) ( \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ )  
物質質量 mol, 長さ m, 質量 kg, 時間 s, 電流 A, 温度 K の光度 CD 含めて 7 種のうちから 5 種

[2] 抵抗の色環が「紫緑赤金」であった。次の対応表を参考にして抵抗の公称値（ $x \pm Y\%$  の形）を記せ。

紫緑赤金：  $75 \times 10^2 \pm 5\%$ ,  $7.5 \text{ k} \pm 5\%$ ,  $7.5 \text{ k} \pm 0.4\text{k}$ ,  $7.5\text{k} \pm 0.38\text{k}$  など準ずるものは正解とする。

色	数字	誤差記号	誤差(%)
黒	0	---	---
茶	1	F	$\pm 1$
赤	2	G	$\pm 2$
橙	3	---	---
黄	4	---	---
緑	5	D	$\pm 0.5$
青	6	C	$\pm 0.25$
紫	7	B	$\pm 0.1$
灰	8	A	$\pm 0.05$
白	9	---	---
金	-1	J	$\pm 5$
銀	-2	K	$\pm 10$
なし	---	M	$\pm 20$

エッセンシャル電気回路 p.121-122 より引用

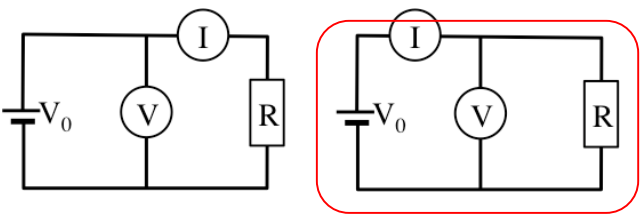
公称値 ( \_\_\_\_\_  $\Omega$  ) 2 点

この抵抗の許容電力を  $1/4W$  として許容電流を計算しなさい。

$P=IV=I^2R=1/4$  より,  $I=5.8 \times 10^{-3}\text{A}$ ,  $5.8\text{mA}$  など

許容電流 ( \_\_\_\_\_ A ) 2 点

IV 法はどちらの回路か、正しい方を大きく○で囲め。2 点



IV 法を用いてアナログ電流計・電圧計で電流・電圧を測定してこの抵抗の抵抗値を調べた結果、抵抗値は公称値の誤差の範囲外になり値は  $7.0 \times 10^3 [\Omega]$  となった。抵抗値の真の値は公称値と同じで、真の値から外れたのは電圧計の内部抵抗の影響を受けていることが原因だと仮定し、電圧計の内部抵抗を求めよ。4 点

$I_{\text{電流計}} = I_{\text{電圧計}} + I_{\text{測定抵抗}} = V_0/R_v + V_0/R_x$  より、  
 $R_{\text{測定}} = V_{\text{電圧計}} / I_{\text{電流計}} = V_0 / (V_0/R_v + V_0/R_x) = R_v R_x / (R_v + R_x) = R_v * 7.5 \times 10^3 / (R_v + 7.5 \times 10^3) = 7.0 \times 10^3$   
ここで、 $R_v$  : 電圧計の内部抵抗、 $R_x$  : 測定抵抗である。

よって、正解 :  $R_v = 1.1 \times 10^5, 1.05 \times 10^5 \Omega$  など

電圧計の内部抵抗 ( \_\_\_\_\_  $\Omega$  )

[3] 天井からつるした振り子の端に質量  $m$  [kg] のおもりを付け、ゆっくり手を離して振り子運動させたときの振り子の周期  $T$  [s] と重力加速度  $g$  [m/s<sup>2</sup>] の振り子の長さ  $L$  [m] の間には次の関係式が成り立つ。重力加速度を調べる実験を 10 回繰り返しそれぞれ  $T = 5.21 \pm 0.05$  [s]、 $g = 9.8 \pm 0.1$  [m/s<sup>2</sup>] であった。実験で用いた振り子の長さ  $L$  がいくらであったか、有効数字（桁数）と誤差伝搬を考慮して誤差を含む形で表しなさい。2+2 点

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$
$$L = g(T/(2\pi))^2 = 9.8 * (5.21/(2\pi))^2 = 6.738... = \mathbf{6.7 [m]} \text{ (有効数字 2 桁)}$$

① 要素毎に有効数字と丸め作業を行うと  $dL = 6.7 * (2 * 0.05 / 5.21 + 0.1 / 9.8) = 6.7 * (0.02 + 0.01) = 6.7 * 0.03 = 0.201 = 0.2$

よって、 $\mathbf{6.7 \pm 0.2 [m]}$

② 丸め回数を減らすため一遍に  $dL$  を計算した場合、 $dL = 6.7 * (2 * 0.05 / 5.21 + 0.1 / 9.8) = 0.196... = 0.2$

この場合、誤差の最初の数字が 1 の場合なので 0.196 の 6 を四捨五入して 0.20

よって、 $\mathbf{6.7 \pm 0.20 [m]}$

計算手順の違いによる違いもなさそうであるから、正解は 2 種とする。

有効桁数を間違えていた場合は間違い場所や間違いの数に関係なく 2 点減点

(減点の例:  $6.74 \pm 0.20$ ,  $6.7 \pm 0.196$  [N/m],  $7 \pm 0.2$  [m] など)

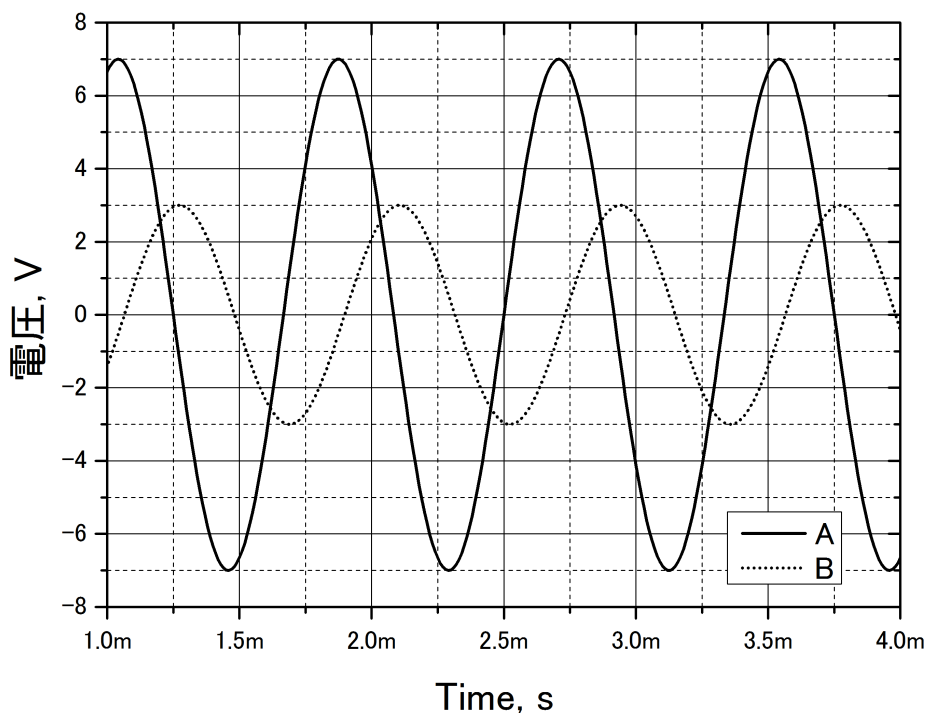
振り子の長さ  $L$  ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ [m] )

## 問題 2. 小問集 2 (合計 18 点)

[1] 正弦波 (交流電圧) に関する次の文章中の ( ) 内を埋める/選択 (○で囲む) 下さい。

ただし、メモリの 1/10 までは目分量で読むこと。

各 2 点 x6



正弦波 A の電圧の実効値は (                      V ) である。正弦波 B の電圧の振幅は波形 A の振幅に比べると (B/A) は (                      dB ) であり、二つの波形の周期は約 (                      秒)、周波数は約 (                      Hz ) である。

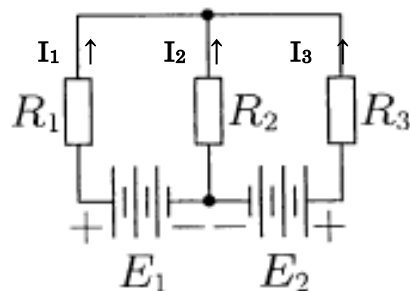
正弦波 A は正弦波 B に比べて位相差が (                      度 ) あり、(選択肢: 遅れて / 進んで) いる。

順に 4.9V (5V 位は正解), -7.4dB (-7.0~-7.9dB は正解),  $8.33 \times 10^{-4}$  秒もしくは 0.833m 秒 (0.8~0.9m 秒は正解), 1200Hz (1100~1300Hz は正解), 100deg ( $\Delta t$  が 0.22~0.25ms だと思ったら、88~112deg は正解), 進んで最後の位相差問題はセットで正解とする (100 度進んでいる、-100 度遅れている、260 度遅れている、-260 度進んでいる)

[2] 右下図の電気回路において、 $R_1=10\Omega$ 、 $R_2=20\Omega$ 、 $R_3=10\Omega$ 、 $E_1=5V$ 、 $E_2=5V$ （向きに注意）とする。抵抗  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  に流れる電流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  を求めよ（ただし、上向き（↑）を正（+）とする。）

解答記入欄以外には算出過程が分るように書きなさい。

（全部正解で 6 点）



【重ね合わせの定理による解説】

①  $E_2$  無しの場合の  $I_{1-1}$ 、 $I_{2-1}$ 、 $I_{3-1}$  を求める。

全合成抵抗  $R=R_1+R_2R_3/(R_2+R_3)=10+20\times10/(20+10)=16.7\Omega$ 。

従って  $R_1$  を流れる電流  $I_{1-1}$  は、 $I_{1-1}=5V/16.7\Omega\sim(+0.30A)$  となる。

$V_{1-1}$  は  $V_{1-1}=I_{1-1}R_1=0.30A\times10\Omega=3V$  であるため、 $R_2$  と  $R_3$  の合成抵抗  $R_{23}$  の電圧  $V_{23}$  は  $2V$  である。 $R_2$  と  $R_3$  を流れる電流はそれぞれ、

$I_{2-1}=2V/20\Omega=(-0.1A)$ 、 $I_{3-1}=2V/10\Omega=(-0.2A)$  となる（符号注意）。

②  $E_1$  無しの場合の  $I_{1-2}$ 、 $I_{2-2}$ 、 $I_{3-2}$  を求める。

全合成抵抗  $R'=R_3+R_1R_2/(R_1+R_2)=10+10\times20/(10+20)=16.7\Omega$ 。

従って  $R_3$  を流れる電流  $I_{3-2}$  は、 $I_{3-2}=5V/16.7\Omega\sim(+0.30A)$  となる。

$V_{3-2}$  は  $V_{3-2}=I_{3-2}R_3=0.30A\times10\Omega=3V$  であるため、 $R_1$  と  $R_2$  の合成抵抗  $R_{12}$  の電圧  $V_{12}$  は  $2V$  である。 $R_1$  と  $R_2$  を流れる電流はそれぞれ、

$I_{1-2}=2V/10\Omega=(-0.2A)$ 、 $I_{2-2}=2V/20\Omega=(-0.1A)$  となる（符号注意）。

重ね合わせの定理より、

$$I_1 = I_{1-1} + I_{1-2} = +0.30 - 0.20 = 0.1A$$

$$I_2 = I_{2-1} + I_{2-2} = -0.1 - 0.1 = -0.2A$$

$$I_3 = I_{3-1} + I_{3-2} = -0.2 + 0.30 = 0.1A$$

正解は

$I_1 = 0.1A$ 、 $I_2 = -0.2A$ 、 $I_3 = 0.1A$ （三つ正解で 6 点）

計算過程によって有効数字 2 桁目が影響を受けて多少異なる解も正解とする。

符号ミスは一つにつき 1 点減点とする。

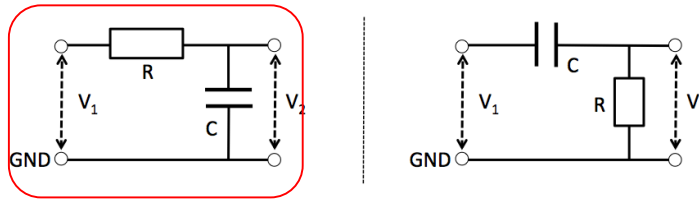
エッセンシャル電気回路は分数で解説されているが（解説の途中で分数のまま止めていることがあるが、最終解は小数）、最終解は小数にすること。

$I_1$  (                      A)、 $I_2$  (                      A)、 $I_3$  (                      A)

### 問題3. CR ローパス回路（合計 32 点）

講義で採り上げたローパスフィルタ（CR 回路）について、次の問いに答えよ。

[1]  $V_1$  を入力信号、 $V_2$  を出力信号とすると、どちらの回路がローパスフィルタか正しい方を○で囲め。5 点



[2] 抵抗  $R = 3 \text{ [k}\Omega\text{]}$  とキャパシタ  $C = 5 \text{ [nF]}$  でローパスフィルタを構成した。このフィルタの特性周波数（カットオフ周波数） $f_0$  を求めよ。5 点

$$1/(2\pi CR) = 1.06 \times 10^4 \text{ Hz} = 10.6 \text{ kHz} \quad \text{Hz}$$

[3] このフィルタに角周波数  $\omega = 5\omega_0$  の正弦波電圧を入力したとき、入力電圧  $V_1$  に対する出力電圧  $V_2$  の位相差を位相周波数特性の式（ $\theta = -\tan^{-1}(\omega/\omega_0)$ ）から求め、（遅れ/進み）のうち正しい方を○で囲め。各 3+2 点

$$\theta = -\tan^{-1}(5\omega_0/\omega_0) = -78.7 \text{ 度}$$

78.7 度の遅れ 度の（遅れ / 進み）

[4] 右グラフにこのフィルタボード線図を書け。振幅比は実線（—）、位相差は点線（……）とする。

振幅周波数特性： $|V_2/V_1| = 1/\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}$

位相周波数特性： $-\tan^{-1}(\omega/\omega_0)$

（注：軸の値を十分確認しなさい。）

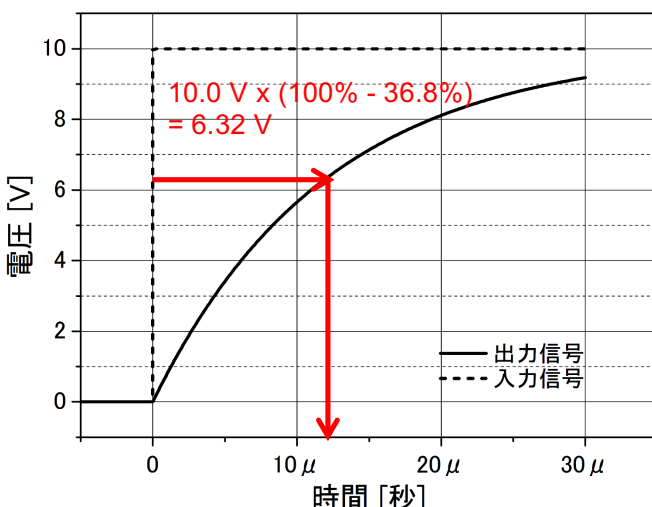
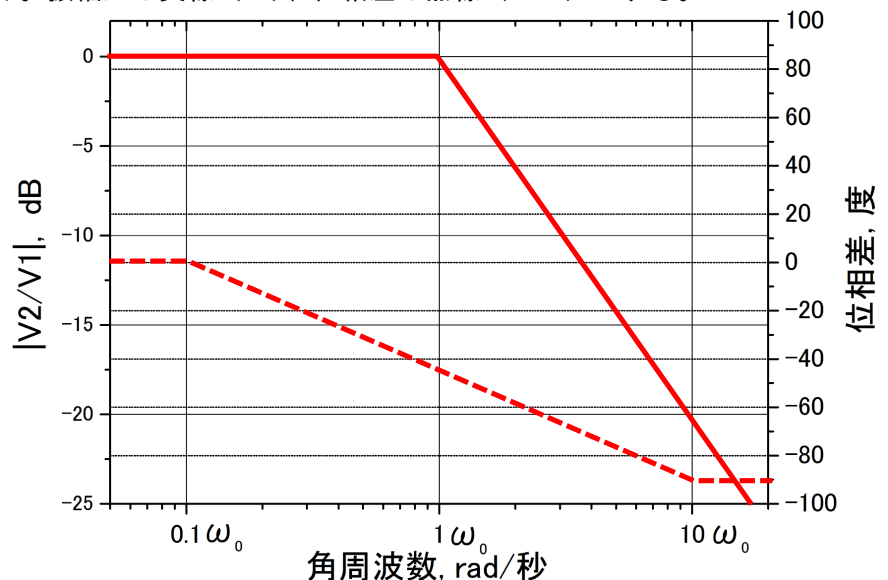
計 10 点（各 5 点）

採点チェックポイント

$0.1\omega_0$  で 0dB, 0 度

$1\omega_0$  で 0dB, -45 度

$10\omega_0$  で -20dB, -90 度



[5] この回路を使って入力電圧を正弦波の代わりに矩形波（0 - 10 V）を送り過渡応答を調べた結果、左グラフのような出力電圧を示した。このグラフから時定数を求めよ。4 点

$$12\mu \text{ 秒}, 1.2 \times 10^{-5} \text{ 秒} \quad (1.15 \sim 1.25 \times 10^{-5} \text{ は正解})$$

（時定数： 秒）

この結果は理論式から導き出す時定数と異なっている。異なっている原因がキャパシタ  $C$  の値にあると仮定すると、この過渡応答のグラフから予想される  $C$  はいくらか？（ヒント：抵抗は  $R = 3 \text{ [k}\Omega\text{]}$  とする。）3 点

$$C = 1.2 \times 10^{-5} / (3\text{k}\Omega) = 4\text{nF} \text{ くらい}$$

（キャパシタンス： F）

（採点者記入）

問題3:

点

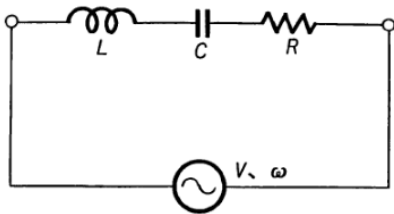
#### 問題 4. 直列共振回路 (合計 32 点)

LCR 直列共振回路について共振特性を調べる実験を行う。次の問題に答えよ。ただし、C はキャパシタのキャパシタンス、R は抵抗のレジスタンス、L はインダクタのインダクタンスである。また、回路全体にかかる電圧を V、その角周波数を  $\omega$  とする。

[1] 抵抗、キャパシタ、インダクタのインピーダンスを問題中の記号と複素記号 j を用いて書け。全部正解で 3 点

順に R、 $1/(j\omega C)$  か  $-j/(\omega C)$ 、 $j\omega L$

抵抗 \_\_\_\_\_、キャパシタ \_\_\_\_\_、インダクタ \_\_\_\_\_



[2] LCR を直列に並べた回路全体の合成インピーダンス Z を問題中の記号を用いて書け。ただし式は十分有理化すること。3 点

$R + j\{\omega L - 1/(\omega C)\}$  に準ずるものは正解

[3] 合成インピーダンスのリアクタンス成分を問題中の記号を用いて書け。また、合成インピーダンス Z の大きさが最小となるとき共振角周波数  $\omega_0$  を問題中の記号を用いて書け。各 3 点

リアクタンス成分:  $\omega L - 1/(\omega C)$ 、リアクタンス成分 = 0 より  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$

リアクタンス成分 \_\_\_\_\_、 $\omega_0$  \_\_\_\_\_

[4] R 両端の電圧  $V_R$  を図中や文章中の記号を用いて表すと以下の通りである。 $|V_R/V|$  と V に対する  $V_R$  の位相差の理論式を電圧拡大率 Q と  $\omega$  と  $\omega_0$  のみを用いて表せ。計算過程も書くこと。各 4 点 (計算過程ない場合は各 2 点)

$$V_R = \frac{R}{[2] \text{で求めた合成インピーダンスの大きさ}} \times V = \frac{R^2 - jR\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} V$$

解答パターンが多いです。採点でもし分からないときは教員に確認すること。

$$\frac{V_R}{V} = \frac{R^2 - jR\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = \frac{1 - j\left(\frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega CR}\right)}{1 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 / R^2} = \frac{1 - j\left(\omega \frac{Q}{\omega_0} - \frac{1}{\omega} Q \omega_0\right)}{1 + \left(\omega \frac{QR}{\omega_0} - \frac{1}{\omega} QR \omega_0\right)^2 / R^2} = \frac{1 - jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}{1 + Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2} = \frac{1 - jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}{1 + Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}$$

$$\left| \frac{V_R}{V} \right| = \sqrt{Re^2 + Im^2} = \sqrt{\left( \frac{1}{1 + Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2} \right)^2 + \left( \frac{-Q\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}{1 + Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2} \right)^2} = \sqrt{\frac{1 + Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}{\left(1 + Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2\left(\frac{\omega_0}{\omega} - \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

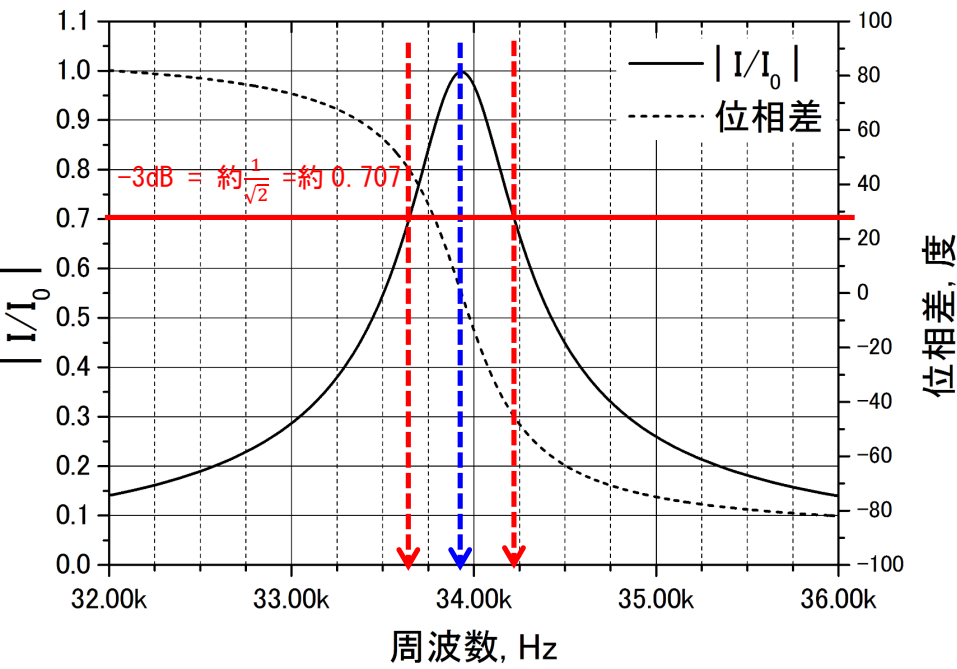
$|V_R/V|$  \_\_\_\_\_

$$\tan^{-1} \left( \frac{Im}{Re} \right) = \tan^{-1} \left[ -Q \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right] = -\tan^{-1} \left[ Q \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right] = \tan^{-1} \left[ Q \left( \frac{\omega_0}{\omega} - \frac{\omega}{\omega_0} \right) \right]$$

位相差 \_\_\_\_\_

【次ページに続く】

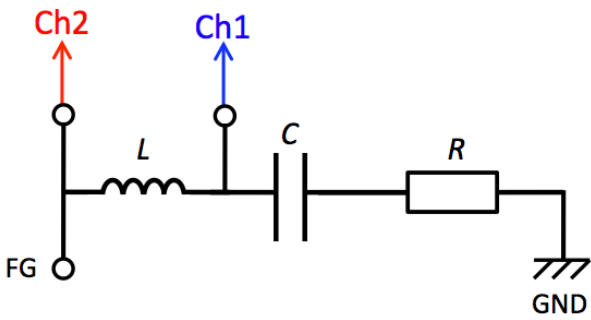
[5] LCR 直列共振回路の実験を行った結果、共振曲線（実線）は次の通りになった。  
 共振周波数での電流値で規格化した電流値を縦軸にとり、横軸に周波数にとってグラフ化した結果から半値幅を読み取り、半値幅から Q 値を求めよ。各 4 点 x2



34.25k-33.65k = 0.6kHz くらい  
 0.5k ~ 0.7kHz を正解とする  
 半値幅 \_\_\_\_\_ Hz  
 (33.9k~33.8k)/(0.5k ~ 0.7k)=  
 48 ~ 68 を正解とする  
 Q 値 \_\_\_\_\_

[6] 共振周波数のときに、L と C の間に OSC のプローブを接続して GND との間の電圧出力信号（Ch1 とする）を調べた。LCR 直列共振回路全体への電圧入力信号（Ch2 に対する Ch1 の位相差を予想せよ（（ ）内は正しい方を○で囲め）。全部正解で 4 点

位相差 約 \_\_\_\_\_ 度の（遅れ、進み）  
 $\tan^{-1}[V_C/V_R] = \tan^{-1}[QV_R/V_R] = \tan^{-1}[55\sim60] = \text{約} 89 \text{ 度}$ （Q 値 55~60 でほぼ変わらない）の遅れ  
 クラスでの教え方が任されていて統一されていないので 90 度も正解とする。セットで採点(-89 度の進みも正解)



問題は次のアンケート（5 点）まで含みます。

(採点者記入)

問題 4: 点

## 問題 5. アンケート (5 点)

来年度の授業に反映するため、正直に教えてください。回答内容によって点数を決めることはなく、回答するだけで加点します。当てはまる項目を○で囲みなさい。

Q1：レポートの書き方について十分理解できたか？

- A. 理解できて、自分のレポートに反映できた。
- B. 理解できたが自分のレポートに反映し辛かった。
- C. レポートの書き方がいまいち理解できなかった。

Q2：実験中、回路図を見て自分で回路を組めるようになったか？

- A. 授業で扱った回路ならば自力で回路を組めるようになった。
- B. 自分で回路を組むことは難しかったが、隣の班を見れば自分の回路の間違いを見つけられる。
- C. 自分で回路を組むことは難しかった上、隣の班の回路を見てもたまたま間違いが見つけれない。

Q3：オシロスコープを使えるようになったか？

- A. 説明書を見なくても授業で使った範囲で使えるようになった。
- B. 説明書を見れば授業で使った範囲で使えるようになった。
- C. オシロスコープの操作は、実験の相方にまかせっきりだった。

Q4：各単元の内容について、難易度と時間配分について 5、4 段階評価し、○で囲みなさい。

単元 1 (8 コマ) 計測基礎、受動素子、測定機器、対数グラフ、回路理論基礎、抵抗測定

難易度 ( 易、やや易、普通、やや難、難 )、時間配分 ( 余裕、普通、やや時間不足、時間不足 )

単元 2 (6 コマ) 交流回路基礎 (複素数表現、OSC, FG 練習)

難易度 ( 易、やや易、普通、やや難、難 )、時間配分 ( 余裕、普通、やや時間不足、時間不足 )

単元 3 (6 コマ) 交流回路 (インピーダンス、CR フィルター)

難易度 ( 易、やや易、普通、やや難、難 )、時間配分 ( 余裕、普通、やや時間不足、時間不足 )

単元 4 (6 コマ) 共振回路

難易度 ( 易、やや易、普通、やや難、難 )、時間配分 ( 余裕、普通、やや時間不足、時間不足 )

単元 5 (2 コマ) 実習 (ラジオ、インバーターチェーン)

難易度 ( 易、やや易、普通、やや難、難 )、時間配分 ( 余裕、普通、やや時間不足、時間不足 )

Q5：授業全体を通して感じた感想 (理解しやすい単元、分かりにくい単元、改善点、新しい教科書に対する意見など) を下記空欄に書いて下さい。

試験問題は以上です。