

2007年度 エレクトロニクス試験問題

2007/07/27 鶴 剛

1 ポールゼロキャンセル (30点)

Figure 1 の左の図は、ポールゼロキャンセルと呼ばれる回路であり、放射線計測などで、指数関数型減衰信号の時定数を変えるときに用いられる。Figure 1 の右に示す時定数 R_1C を持つ指数関数型減衰信号を入力した場合の出力波形を計算せよ。

必要なら後で示すラプラス変換のテーブルを使用して良い。

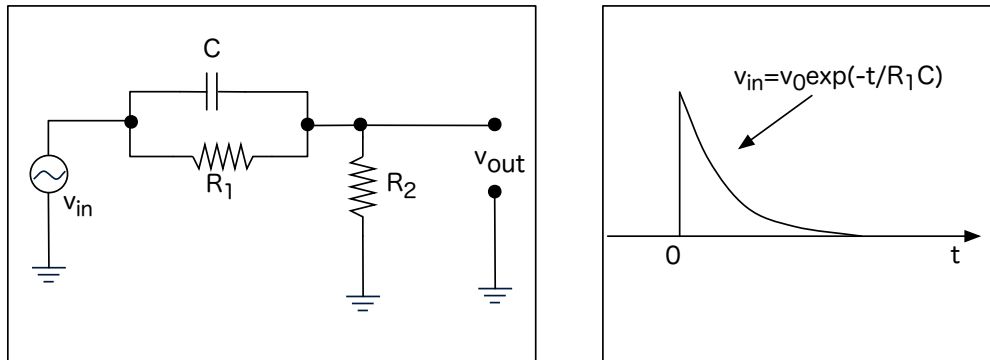


Figure 1: ポールゼロ回路

2 オペアンプ回路とトランジスタの動作点 (35点)

(1) 以下の [あ] ~ [き] に入る適切な値を答えなさい。式に図中の記号を使用し、答えのみならず求める過程もできるだけ書くこと。

理想オペアンプ 1 個を用いた Figure 2 に示す回路を理解しよう。理想オペアンプの通常の使い方から考えた場合 (ネガティブフィードバック又は負帰還)、 V_- は [あ] となる。入力電圧 $V_{in}(t)$ の複素電圧が $V_0 \exp(i\omega t)$ であるとしよう (振幅 V_0 、角周波数 ω : 両方とも実数)。コンデンサー C の複素インピーダンスは [い] であるから、コンデンサー C を流れる複素電流は [う] となる。従って R_f を流れる複素電流は [え] となる。 V_- の電圧を考え合わせると、出力電圧 $V_{out}(t)$ の複素電圧は [お] となる。実際に観測される電圧は、複素電圧の実数部分である。よって、実際に観測される出力電圧は [か] となる ([か] は虚数単位 i を使わず書いてください、つまり \sin とか \cos を使えということ)。位相は忘れて入力電圧の振幅に対する出力電圧の振幅の比を増幅率とすると、この回路の増幅率は [き] となる。

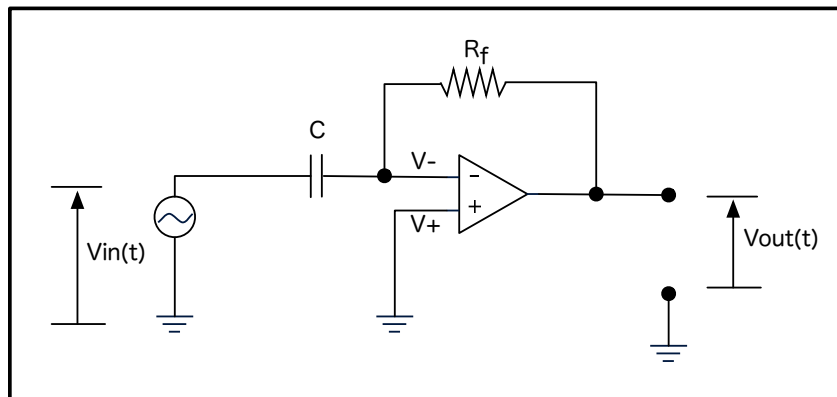


Figure 2:

(2) Figure 3 の回路を Figure 4 の特性を持つトランジスタで組んだ．トランジスタの動作点を考え， I_C ， I_E ， I_B ， V_{CE} ， V_{BE} の値を求めよ．答えのみならず求める過程もできるだけ書くこと．

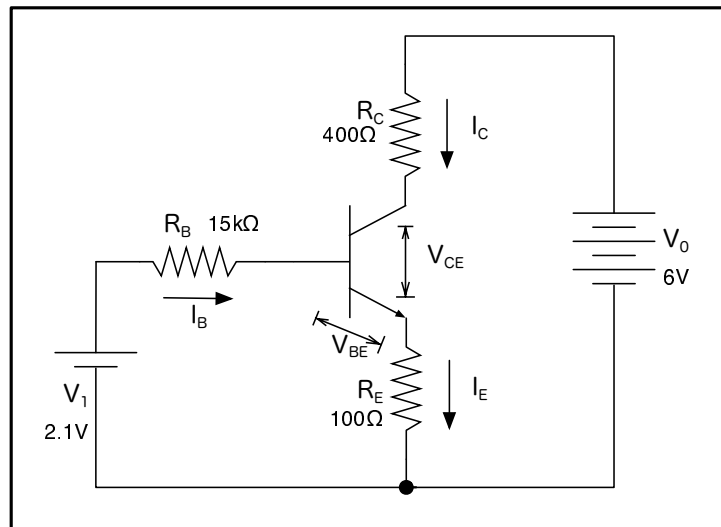


Figure 3: トランジスタ回路

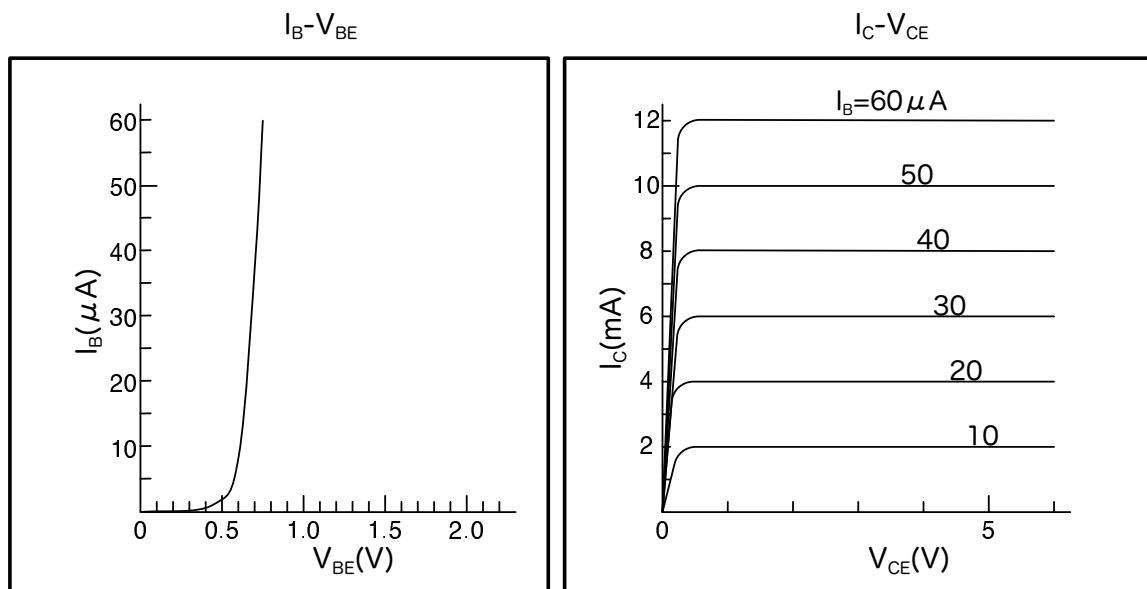


Figure 4: トランジスタの特性曲線

3 伝送線 (35 点)

同軸ケーブルの等価回路を Figure 5 に示す。 L および C は単位長さ当たりのインダクタンスと容量である。周波数 ω の信号について電流を $I(t, z) = I(z)e^{i\omega t}$ 、電圧を $V(t, z) = V(z)e^{i\omega t}$ とする。電流や電圧の符号には十分注意すること (例年間間違いが多い)。

- Figure 5 を参照し、 ΔV 、 Z_L 、 Δz 、 I の間に成り立つ式を示せ。
- 図 5 のコンデンサーに関して、単位長さ当たりのアドミタンスを Y_C とする。アドミタンスはインピーダンスの逆数であり、コンデンサーの容量とアドミタンスは正比例する。このことに注意し、a) と同様に、 ΔI 、 Y_C 、 Δz 、 V の間に成り立つ式を示せ。
- Z_L と Y_C を使わないで、 C や L などを使い上の a) と b) の式を書き直せ。
- c) で求めた 2 つの式を z に関する 2 つの微分方程式に書き直せ。
- d) で求めた微分方程式を解き、 $I(t, z)$ と $V(t, z)$ を求めよ。ただし初期値 $I(0, 0) = I_0$ 、 $V(0, 0) = V_0$ とする。 $+z$ 方向に進む解と、 $-z$ 方向に進む解の 2 つあることに注意 (例年間間違いが多い)。
- この伝送線を伝わる信号の速度を求めよ。その速度が信号の周波数に対してどう依存するか述べよ。
- $V(t, z)/I(t, z)$ を求めよ (この値のことを特性インピーダンスと呼ぶ)。

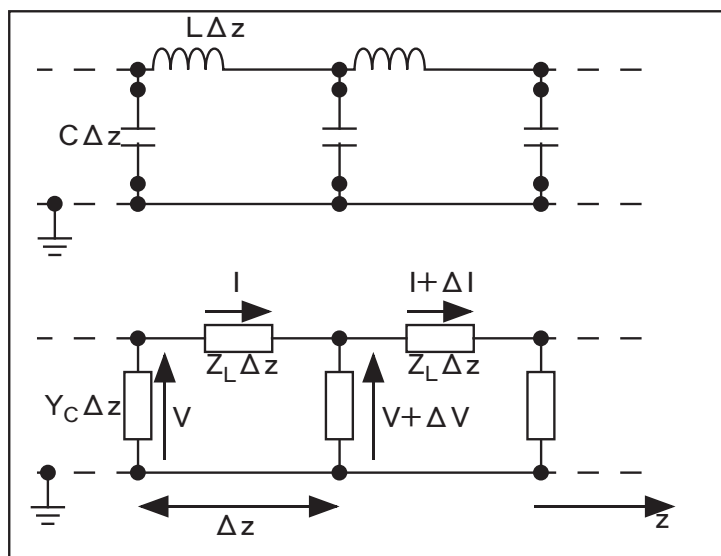


Figure 5: 同軸ケーブルの等価回路

(参考) ラプラス変換のテーブル

実関数 $f(t)$ に対するラプラス変換を $F(s)$ と書くと、

$$F(s) \equiv \int_0^{\infty} f(t) \cdot \exp(-st) \cdot dt$$

と定義される。様々な関数に対するラプラス変換は以下の通りである。

	$f(t)$	\rightarrow	$F(s)$
	$\delta(t)$		1
階段関数 $\text{step}(t) =$	$\begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases}$		1/s
	t		$\frac{1}{s^2}$
	t^2		$\frac{2}{s^3}$
	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1}$		$\frac{1}{s^n}$
	$\exp(-at)$		$1/(s+a)$
	$\sin(at)$		$a/(s^2+a^2)$
	$t \cdot \exp(-at)$		$1/(s+a)^2$
	$\exp(-at) \cdot \sin(bt)$		$b/[(s+a)^2+b^2]$
	$\exp(-at) \cdot f(t)$		$F(s+a)$
	$f(t/a)$		$a \cdot F(as)$
	$\frac{df(t)}{dt}$		$s \cdot F(s) - f(0)$
	$\frac{d^2f(t)}{dt^2}$		$s^2F(s) - sf(0) - f'(0)$
	$\int_0^t f(t') \cdot dt'$		$F(s)/s$
	$\int_0^t f(t-t') \cdot g(t') \cdot dt'$		$F(s) \cdot G(s)$