

情報工学科 3 年 電子回路 期末試験 問 題

2013 年 2 月 12 日実施

解答上の注意

- 問題は 6 ページあります。
- 有効数字の桁数は、計算に用いた値の桁数に応じて決定すること。
- 分数、平方根、 π はそのままにせず、計算すること。
- 特に指定がない限り、計算の途中過程も示すこと。
- 単位が明らかな場合は、単位も記すこと。
- 解答は解答用紙に行うこと。

1

図 1 の回路で LED を点灯させたい。設計の条件を表 1 のとおりとすると、以下の各問に答えよ。ただし、表に挙げた値の有効数字の桁数は 3 桁とする。

[22 点]

- | | |
|---|-------|
| (1) コレクターエミッタ間の回路に成り立つ式を、 <u>図 1 に示した記号を用いて</u> 示せ。 | [5 点] |
| (2) コレクタ抵抗 R_C の値を求めよ。 | [5 点] |
| (3) ベース電流 I_B の値を求めよ。 | [6 点] |
| (4) ベース抵抗 R_B の値を求めよ。 | [6 点] |

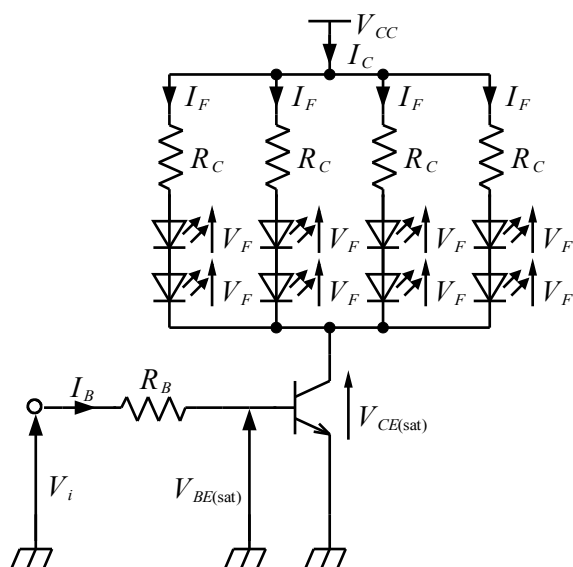


図 1

表 1 設計の条件と記号の意味

記号	意 味	値
V_{CC}	バイアス（電源）電圧	7.20[V]
V_i	トランジスタを ON にするときの入力電圧	5.00[V]
$V_{BE(sat)}$	ベース－エミッタ間飽和電圧	0.700[V]
$V_{CE(sat)}$	コレクターエミッタ間飽和電圧	0.140[V]
h_{FE}	エミッタ接地直流電流増幅率	140
I_F	LED 点灯時の順電流	10.0[mA]
V_F	LED 点灯時の順電圧	2.95[V]
k	トランジスタを ON にするときの $\frac{I_B}{I_C/h_{FE}}$	180[%]

2

図 2 の回路において $R = 2.40[\text{k}\Omega]$, $C = 0.470[\mu\text{F}]$ であるとき, 以下の各問に答えよ.

[19 点]

(1) 時定数 τ を求めよ. 計算の過程は不要である. [3 点]

(2) 入力電圧 $v_i(t)$ として, 図 3(a) に示すような $t = 0$ で $0[\text{V}]$ から $E[\text{V}]$ に変化する電圧を加えるとき, $t > 0$ における出力電圧 $v_o(t)$ の概形を示せ. ただし, $t = 0$ において, コンデンサ C は完全に放電されているものとし, T_w は C の充電が完了できる程度の長さであるとする. また, 波形には (3) と区別できるように番号を付けること. [4 点]

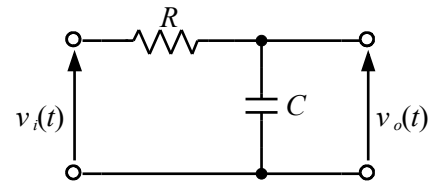


図 2

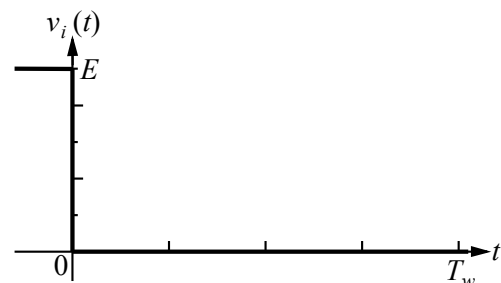
(3) (2) において素子値を $R = 2.40[\text{k}\Omega]$, $C = 0.100[\mu\text{F}]$ とするとき, $t > 0$ における出力電圧 $v_o(t)$ の概形を (2) と同じ解答欄に示せ. 波形には (2) と区別できるように番号を付けること. [4 点]

(4) 入力電圧 $v_i(t)$ として, 図 3(b) に示すような $t = 0$ で $E[\text{V}]$ から $0[\text{V}]$ に変化する電圧を加えるとき, $t > 0$ における出力電圧 $v_o(t)$ の概形を示せ. ただし, $t = 0$ において, コンデンサ C は完全に充電されているものとし, T_w は C の放電が完了できる程度の長さであるとする. また, 波形には (5) と区別できるように番号を付けること. [4 点]

(5) (4) において素子値を $R = 2.40[\text{k}\Omega]$, $C = 0.100[\mu\text{F}]$ とするとき, $t > 0$ における出力電圧 $v_o(t)$ の概形を (4) と同じ解答欄に示せ. 波形には (4) と区別できるように番号を付けること. [4 点]



(a)



(b)

図 3

3

図 4 の回路について、以下の各問に答えよ。(1)から(3)については、導出の過程は不要である。また、分数式となる場合は繁分数式にせず、簡単な分数式に変形すること。

[15 点]

- (1) 入力電流 $\dot{I}_i$ を図 4 に示す電圧を用いた文字式で表せ。 [3 点]
- (2) 帰還電流 $\dot{I}_f$ を図 4 に示す電圧を用いた文字式で表せ。 [3 点]
- (3) $\dot{I}_i$ と $\dot{I}_f$ の関係式を示せ。 [3 点]
- (4) (1)～(3)で示した式を用いて、出力電圧 $\dot{V}_o$ と入力電圧 $\dot{V}_i$ の関係を $\dot{V}_o$ について解いた形で導け。 [6 点]

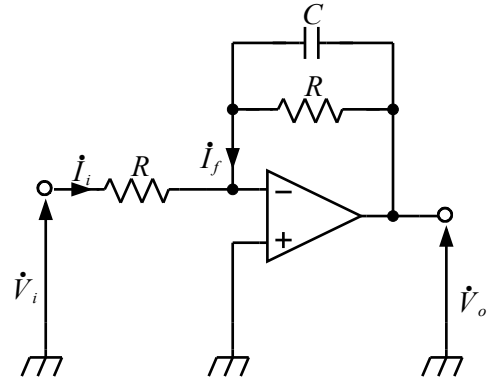


図 4

4

図 5 の回路において、 $R = 1.50[\text{k}\Omega]$ 、 $C = 0.0330[\mu\text{F}]$ であるとき、以下の各問に答えよ。

[18 点]

- (1) 出力電圧 $\dot{V}_o$ と入力電圧 $\dot{V}_i$ は次のような関係にある。

$$\dot{V}_o = -\frac{j\omega CR}{1 + j\omega CR} \dot{V}_i$$

これを用いて、電圧増幅度 A_v を表す式を角周波数 ω の関数として導け。 [6 点]

- (2) ある周波数において、電圧増幅度が $A_v = 0.0621$ であった。このとき、電圧利得 G_v の値を求めよ。 [4 点]
- (3) 遮断周波数 f_c の値を求めよ。計算の過程は不要である。 [4 点]
- (4) 電圧利得 G_v の周波数特性を図 6 に示す。
 $R = 3.60[\text{k}\Omega]$ 、 $C = 0.0330[\mu\text{F}]$ としたとき、 G_v の周波数特性の概形がどのようなになるか示せ。 [4 点]

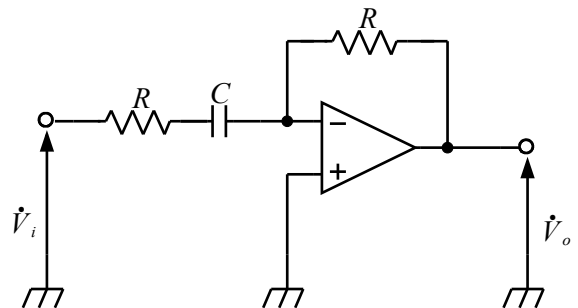


図 5

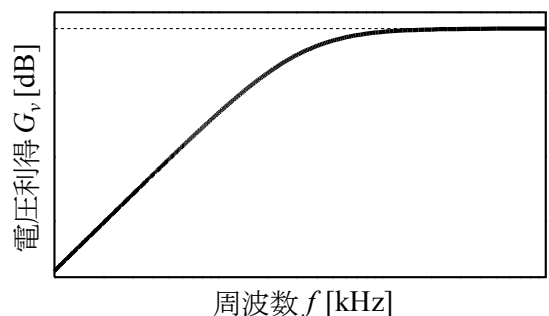


図 6 $R = 1.50[\text{k}\Omega]$ 、 $C = 0.0330[\mu\text{F}]$ のときの周波数特性

5

表 2 は、74LV00A のデータシートより、推奨動作条件および電気的特性を抜粋したものである。これを用いて以下の各値を求めよ。ただし、 $V_{CC}=3.00[V]$ とし、表 2 に示された値は有効数字 3 桁の精度で表されているものとする。

[各 4 点×2=8 点]

- (1) H レベル時のノイズマージン
- (2) L レベル時のノイズマージン

表 2 74LV00A の推奨動作条件および電気的特性

recommended operating conditions					
		MIN	MAX	UNIT	
V_{CC}	Supply voltage	2	5.5	V	
V_{IH}	High-level input voltage	$V_{CC}=3V$ to 3.6V	$V_{CC} \times 0.7$		V
V_{IL}	Low-level input voltage	$V_{CC}=3V$ to 3.6V	$V_{CC} \times 0.3$		V
I_{OH}	High-level output current	$V_{CC}=3V$ to 3.6V	-6		mA
I_{OL}	Low-level output current	$V_{CC}=3V$ to 3.6V	6		mA
T_A	Operating free-air temperature	-40	85		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range					
PARAMETER	TEST CONDITIONS	V_{CC}	MIN	MAX	UNIT
V_{OH}	$I_{OH}=-6mA$	3V	2.48		V
V_{OL}	$I_{OL}=6mA$	3V		0.44	V
I_I	$V_I=5.5V$ or GND	0 to 5.5V		± 1	μA
I_{CC}	$V_I=V_{CC}$ or GND, $I_O=0$	5.5V		20	μA
I_{off}	V_I or $V_O=0$ to 5.5V	0		5	μA

6

表 3 は、74AS00 のデータシートより、推奨動作条件および電気的特性を抜粋したものである。これを用いて以下の各値を求めよ。ただし、表 3 に示された値は有効数字 3 桁の精度で表されているものとする。

[8 点]

(1) H レベルである出力端子に接続できるゲート数

[3 点]

(2) L レベルである出力端子に接続できるゲート数

[3 点]

(3) ファンアウト数

[2 点]

表 3 74AS00 の推奨動作条件および電気的特性

recommended operating conditions					
		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage			0.8	V
I_{OH}	High-level output current			-2	mA
I_{OL}	Low-level output current			20	mA
T_A	Operating free-air temperature	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range					
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP [§]	MAX	UNIT
V_{IK}	$V_{CC}=4.5V$, $I_I=-18mA$			-1.2	V
V_{OH}	$V_{CC}=4.5V$ to $5.5V$, $I_{OH}=-2mA$	$V_{CC}-2$			V
V_{OL}	$V_{CC}=4.5V$, $I_{OL}=20mA$		0.35	0.5	V
I_I	$V_{CC}=5.5V$, $V_I=7V$			0.1	mA
I_{IH}	$V_{CC}=5.5V$, $V_I=2.7V$			20	μA
I_{IL}	$V_{CC}=5.5V$, $V_I=0.4V$			-0.5	mA
$I_{O\ddagger}$	$V_{CC}=5.5V$, $V_O=2.25V$	-30		-112	mA
I_{CCH}	$V_{CC}=5.5V$, $V_I=0$		2	3.2	mA
I_{CCL}	$V_{CC}=5.5V$, $V_I=4.5V$		10.8	17.4	mA

[§]All typical values are at $V_{CC}=5V$, $T_A=25^\circ C$.
[‡]The output conditions have been chosen to produce a current that closely approximates one half of the true short-circuit output current, I_{OS} .

7

図 7 の回路の入力 A および B に L レベルまたは H レベルの電圧を加えるとき, FET の状態および出力 Y について表 4 のようにまとめた. 空欄を埋め, 表を完成させよ. ただし, FET の状態については“ON”または“OFF”で, 出力 Y については“H”または“L”で答えよ.

[各 0.5 点×20=10 点, 9.5 点以上は整数位未満切り捨て, それ以外は整数位未満四捨五入]

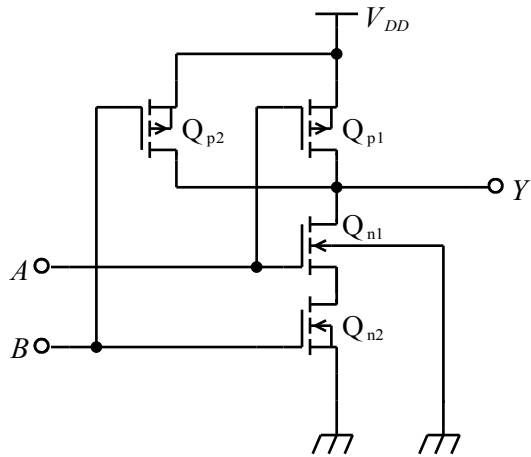


図 7

表 4 図 7 の回路における FET の状態と出力

入力		FET の状態				出力 Y
A	B	Q_{p1}	Q_{n1}	Q_{p2}	Q_{n2}	
L	L					
L	H					
H	L					
H	H					

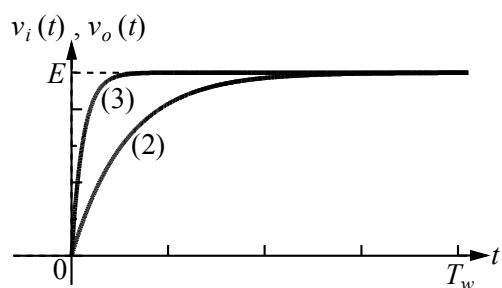
情報工学科 3 年 電子回路 期末試験 略 解

1

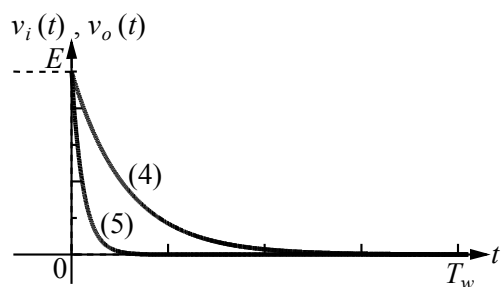
- (1) $V_{CC} - R_C I_F - 2V_F - V_{CE(\text{sat})} = 0$
 (2) $R_C = 116[\Omega]$
 (3) $I_B = 0.514[\text{mA}]$
 (4) $R_B = 8.37[\text{k}\Omega]$

2

- (1) $\tau = 1.13[\text{ms}]$
 (2), (3)



- (4), (5)



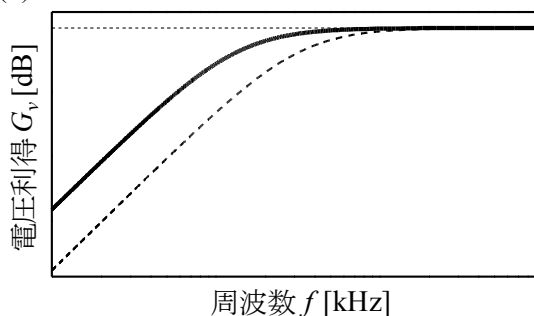
3

- (1), (2), (3) 略

(4) $\dot{V}_o = -\frac{\dot{V}_i}{1 + j\omega CR}$

4

- (1) $A_v = \frac{\omega CR}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}$
 (2) $G_v = -24.2[\text{dB}]$
 (3) $f_c = 3220[\text{Hz}]$
 (4)



5

- (1) $0.38[\text{V}]$
 (2) $0.460[\text{V}]$

6

- (1) 100
 (2) 40
 (3) 40

7

入 力		FET の状態				出 力
A	B	Q_{p1}	Q_{n1}	Q_{p2}	Q_{n2}	Y
L	L	ON	OFF	ON	OFF	H
L	H	ON	OFF	OFF	ON	H
H	L	OFF	ON	ON	OFF	H
H	H	OFF	ON	OFF	ON	L