

情報工学科 3 年 電子回路 期末試験 問 題

2011 年 2 月 16 日実施

解答上の注意

- 問題は 6 ページあります.
- 特に指定がない限り, 問題中の値はすべて有効数字 3 桁とする. 求める値の有効数字の桁数は, それに基づいて決定すること.
- 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なうこと.

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.

[各 6 点×3=18 点]

- (1) コレクター-エミッタ間の回路に成り立つ式を, 図 1 に示した記号を用いて示せ.
- (2) ベース電流 I_B の値を求めよ.
- (3) ベース-エミッタ間の回路に成り立つ式を, 図 1 に示した記号を用いて示せ.

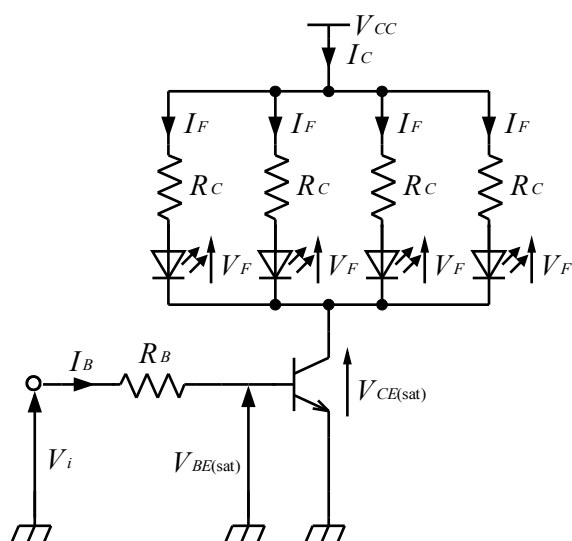


図 1

表 1 設計条件と記号の意味

記号	意 味	値
h_{FE}	エミッタ接地直流電流増幅率	150
I_F	LED 点灯時の順電流	20.0[mA]
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 の回路で LED を点灯させたい. FET の $V_{DS}-I_D$ 特性を図 3, 設計の条件を表 2 のとおりとすると, 以下の各問に答えよ.

[16 点]

(1) FET が ON になっているときのドレイン・ソース間電圧 V_{DS} の値を 0.05[V] 単位で求めよ.

[4 点]

(2) ドレイン・ソース間の回路に成り立つ式を, 図 2 に示した記号を用いて示せ.

[6 点]

(3) ドレイン抵抗 R_D の値を求めよ.

[6 点]

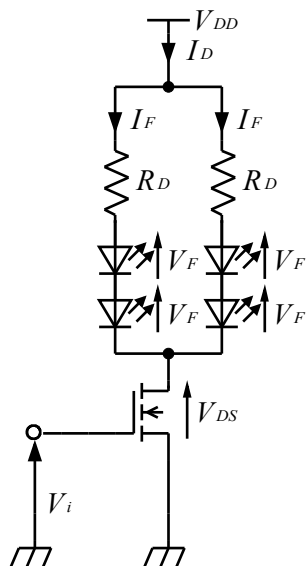


図 2

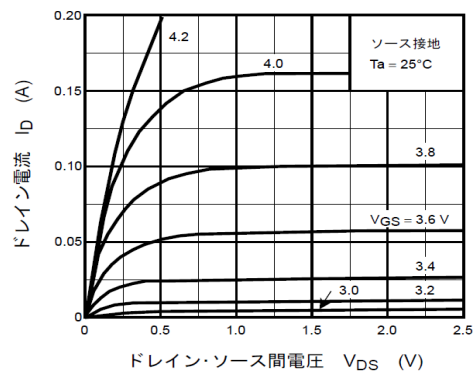
図 3 FET の $V_{DS}-I_D$ 特性

表 2 設計条件と記号の意味

記号	意 味	値
V_{DD}	バイアス (電源) 電圧	5.00[V]
V_i	FET を ON にするときの入力電圧	4.00[V]
V_F	LED 点灯時の順電圧	1.97[V]
I_F	LED 点灯時の順電流	30.0[mA]

3

図 4 の回路について、以下の各問に答えよ。

[14 点]

- (1) 入力電圧 $v_i(t)$ として、図 5 に示す電圧を加えるとき、出力電圧 $v_o(t)$ の概形を示せ。ただし、時定数は、 T_w の間にコンデンサ C の充電または放電が完了できる程度であるとする。また、波形には(2)と区別できるように番号を付けること。 [5 点]
- (2) 時定数を(1)より小さくして $v_i(t)$ を加えたとき、 $v_o(t)$ の概形を(1)と同じ解答欄に示せ。波形には(1)と区別できるよう、番号を付けること。 [5 点]
- (3) 図 4 の回路の名称は何か。 [4 点]

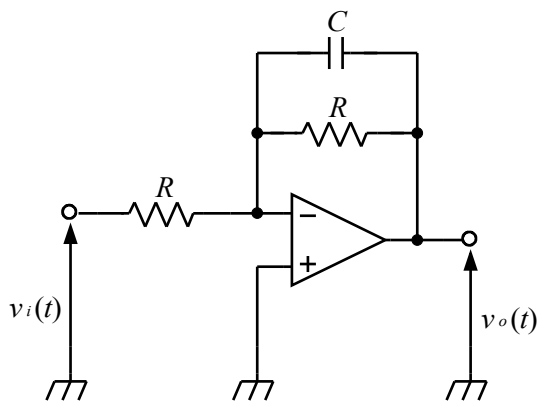


図 4

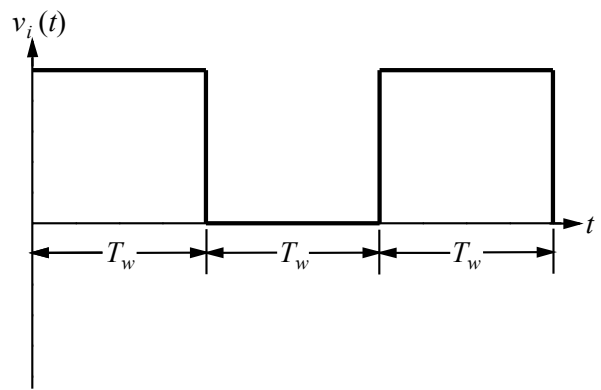


図 5

4

図 6 の回路について、以下の各問に答えよ。

[32 点]

- (1) 回路の入力電圧 $\dot{V}_i$ と出力電圧 $\dot{V}_o$ との関係式を表 3 のように導いた。空欄に適切な式または数値を入れよ。分数式を用いる場合は、繁分数式にせず、簡単な分数式に変形すること。 [各 2 点×4=8 点]

- (2) 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。 [8 点]

- (3) $R = 2.00[\text{k}\Omega]$, $C = 0.0330[\mu\text{F}]$, 入力電圧の周波数 $f = 1.00[\text{kHz}]$ のとき、電圧利得 G_v の値を求めよ。 [8 点]

- (4) (3) と同じ素子値のとき、遮断周波数 f_c の値を求めよ。計算の過程は書かなくてよい。 [4 点]

- (5) 電圧利得 G_v の周波数特性はどのようになるか、図 7 の(A)から(C)の中から適切なものを選び、記号で答えよ。 [4 点]

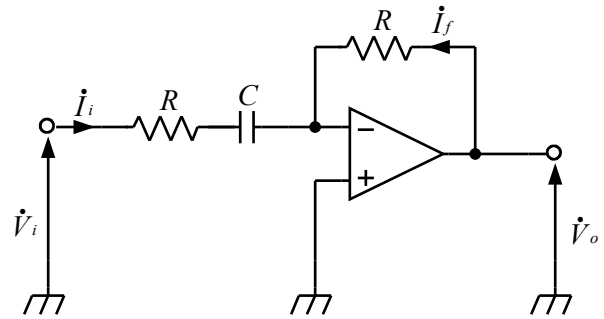


図 6

表 3 図 6 の回路における入出力電圧の関係の導出

2 つの入力端子はバーチャルショートであるから、 $-$ 入力端子電圧は (A) [V] である。これより、帰還電流 $\dot{I}_f$ は、出力電圧 $\dot{V}_o$ を用いて、式(4.1)のように表される。

$$\dot{I}_f = \text{(B)} \quad (4.1)$$

同様に、入力電流 $\dot{I}_i$ は、入力電圧 $\dot{V}_i$ を用いて、式(4.2)のように表される。

$$\dot{I}_i = \text{(C)} \quad (4.2)$$

$-$ 入力端子には電流が流れ込まないことから、 $\dot{I}_i$ と $\dot{I}_f$ の間には式(4.3)が成り立つ。

$$\text{(D)} \quad (4.3)$$

式(4.3)に式(4.1)及び(4.2)を代入し、 $\dot{V}_o$ について解くことにより、式(4.4)を得る。

$$\dot{V}_o = -\frac{j\omega CR}{1 + j\omega CR} \dot{V}_i \quad (4.4)$$

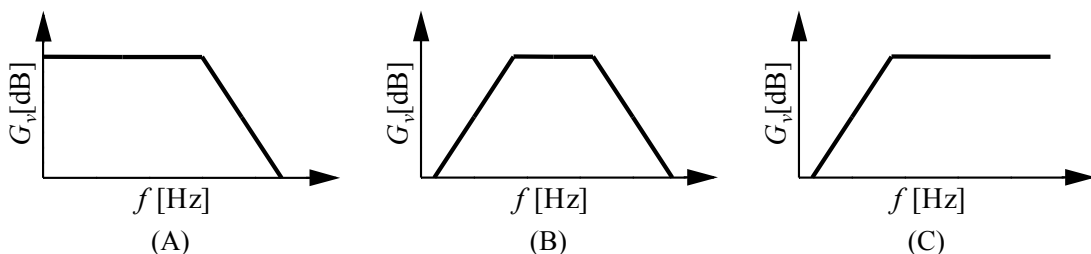


図 7 周波数特性の概形

5

表 4 は、74AC00 のデータシートより、推奨動作条件及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、 $V_{CC}=4.5[V]$ とし、有効数字の桁数は表 4 に示された値に従うものとする。

[各 5 点×2=10 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 4 74AC00 の推奨動作条件及び電気的特性

recommended operating conditions					
		MIN	MAX	UNIT	
V_{CC}	Supply voltage	2	6	V	
V_{IH}	High-level input voltage	$V_{CC}=3V$	2.1		V
		$V_{CC}=4.5V$	3.15		
		$V_{CC}=5.5V$	3.85		
V_{IL}	Low-level input voltage	$V_{CC}=3V$		0.9	V
		$V_{CC}=4.5V$		1.35	
		$V_{CC}=5.5V$		1.65	
I_{OH}	High-level output current	$V_{CC}=3V$		-12	mA
		$V_{CC}=4.5V$		-24	
		$V_{CC}=5.5V$		-24	
I_{OL}	Low-level output current	$V_{CC}=3V$		12	mA
		$V_{CC}=4.5V$		24	
		$V_{CC}=5.5V$		24	

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range					
PARAMETER	TEST CONDITIONS	V_{CC}	MIN	MAX	UNIT
V_{OH}	$I_{OH}=-12mA$	3V	2.56		V
	$I_{OH}=-24mA$	4.5V	3.86		
		5.5V	4.86		
V_{OL}	$I_{OL}=12mA$	3V		0.36	V
	$I_{OL}=24mA$	4.5V		0.36	
		5.5V		0.36	

6

図 8 の回路の各入力に L レベルまたは H レベルの電圧を加えるとき，すべての組み合わせにおいて，FET の状態及び出力を表 5 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，出力については“H”または“L”で答えよ．

[各 0.5 点×20=10 点，整数位未満四捨五入]

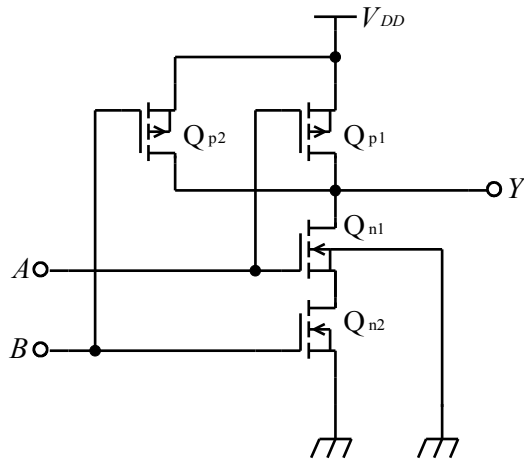


図 8

表 5 図 8 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) $V_{CC} - R_C I_F - V_F - V_{CE(sat)} = 0$
 (2) $I_B = 0.960[\text{mA}]$
 (3) $V_i - R_B I_B - V_{BE(sat)} = 0$

2

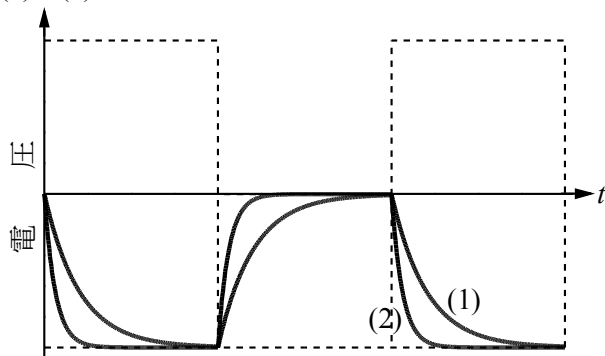
- (1) $V_{DS} = 0.10[\text{V}]$
 (2) $V_{DD} - R_D I_F - 2V_F - V_{DS} = 0$
 (3) $R_D = 32[\Omega]$

6

入 力		FET の状態				出 力
<i>A</i>	<i>B</i>	Q _{p1}	Q _{n1}	Q _{p2}	Q _{n2}	<i>Y</i>
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

3

- (1), (2)



- (3) 略

4

- (1) 略
 (2) $A_v = \frac{\omega CR}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}$
 (3) $G_v = -8.34[\text{dB}]$
 (4) $f_c = 2.41[\text{kHz}]$
 (5) 略

5

- (1) $0.71[\text{V}]$
 (2) $0.99[\text{V}]$