

# 情報工学科 3 年 電子回路 期末試験 問 題

2012 年 2 月 14 日実施

## 解答上の注意

- 問題は 5 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， $\pi$  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．FET の  $V_{DS}-I_D$  特性を図 2，設計の条件を表 1 のとおりとするととき，以下の各問に答えよ．

[14 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． [3 点]
- (2) ドレイン・ソース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． [6 点]
- (3) ドレイン抵抗  $R_D$  の値を求めよ． [5 点]

表 1 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          | 9.00[V]  |
| $V_i$    | FET を ON にするときの入力電圧 | 4.20[V]  |
| $V_F$    | LED 点灯時の順電圧         | 2.00[V]  |
| $I_F$    | LED 点灯時の順電流         | 20.0[mA] |

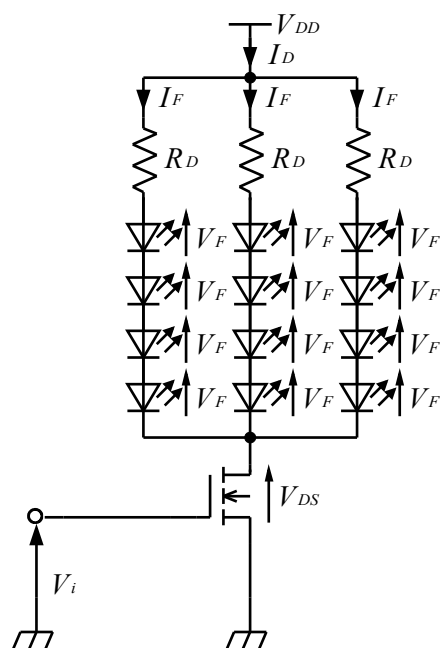
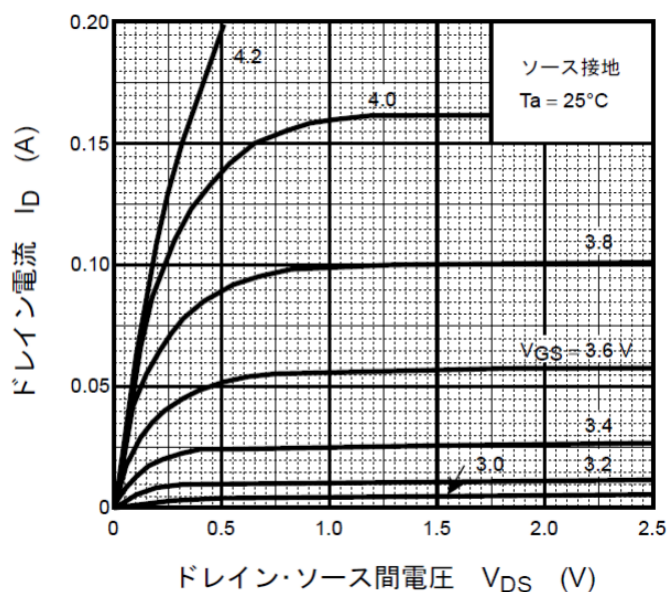


図 1

図 2 FET の  $V_{DS}-I_D$  特性

2

図 3 の回路において  $R = 1.80[\text{k}\Omega]$ ,  $C = 0.0680[\mu\text{F}]$  であるとき, 以下の各問に答えよ.

[23 点]

- (1) 時定数  $\tau$  を求めよ. 計算の過程は不要である. [4 点]
- (2) 入力電圧  $v_i(t)$  として, 図 4(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]
- (3) (2) において素子値を  $R = 3.00[\text{k}\Omega]$ ,  $C = 0.220[\mu\text{F}]$  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 4(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  $R = 3.00[\text{k}\Omega]$ ,  $C = 0.220[\mu\text{F}]$  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]
- (6) 図 3 の回路の名称は何か. [3 点]

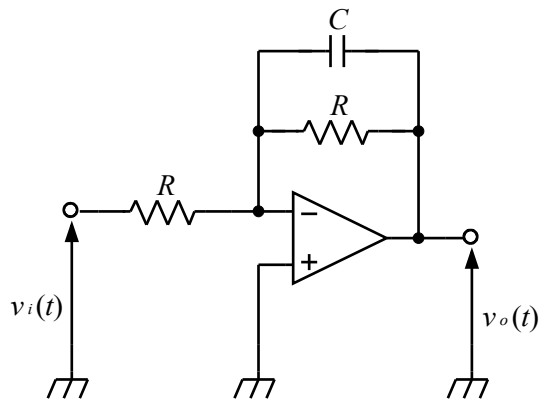


図 3

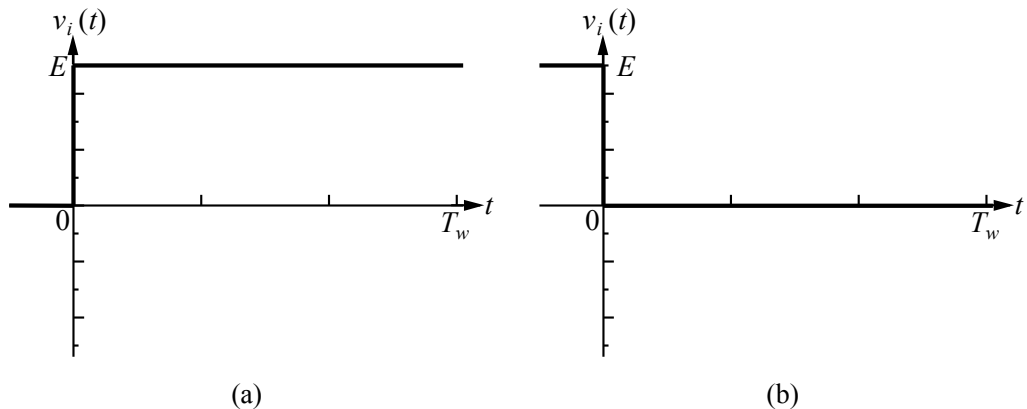


図 4

3

図 5 の回路において  $R = 2.00[\text{k}\Omega]$ ,  $C = 0.0470[\mu\text{F}]$  であるとき, 以下の各問に答えよ.

[34 点]

- (1) 入力電圧  $\dot{V}_i$  と出力電圧  $\dot{V}_o$  との関係式を表 2 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×6=12 点]
- (2) 電圧増幅度  $A_v$  を表す式を角周波数  $\omega$  の関数として導け. [6 点]
- (3) 入力電圧の周波数が  $f = 20.0[\text{kHz}]$  であるとき, 電圧利得  $G_v$  の値を求めよ. [8 点]
- (4) 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]
- (5) 電圧利得  $G_v$  の周波数特性の概形を示せ. (横軸に値が記されていることに注意せよ) [4 点]

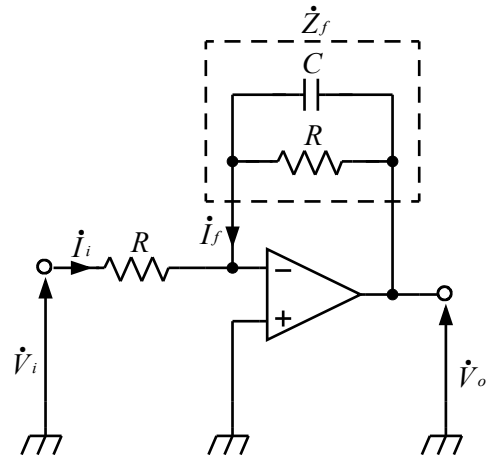


図 5

表 2 図 5 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, 帰還回路 (破線部) の合成インピーダンスを  $\dot{Z}_f$  とすれば, これと出力電圧  $\dot{V}_o$  を用いて, 帰還電流  $\dot{I}_f$  は式(3.1)のように表される.

$$\dot{I}_f = \text{(B)} \quad (3.1)$$

ここで,  $\dot{Z}_f$  は,

$$\dot{Z}_f = \text{(C)} \quad (3.2)$$

となるから, これを式(3.1)に代入し, 式(3.3)を得る.

$$\dot{I}_f = \text{(D)} \quad (3.3)$$

同様に, 入力電流  $\dot{I}_i$  は, 入力電圧  $\dot{V}_i$  を用いて, 式(3.4)のように表される.

$$\dot{I}_i = \text{(E)} \quad (3.4)$$

$-$ 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(3.5)が成り立つ.

$$\text{(F)} \quad (3.5)$$

式(3.5)に式(3.3)および(3.4)を代入し,  $\dot{V}_o$  について解くことにより, 式(3.6)を得る.

$$\dot{V}_o = -\frac{\dot{V}_i}{1 + j\omega CR} \quad (3.6)$$

4

表 3 は、74AS00 のデータシートより、推奨動作条件、電気的特性およびスイッチング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 3 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 3 74AS00 の推奨動作条件、電気的特性およびスイッチング特性

| recommended operating conditions |                                |     |     |     |      |
|----------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|------|
|                                  |                                | MIN | NOM | MAX | UNIT |
| $V_{CC}$                         | Supply voltage                 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V    |
| $V_{IH}$                         | High-level input voltage       | 2.0 |     |     | 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 <sup>§</sup> | MAX  | UNIT |
| $V_{IK}$                                                                         | $V_{CC}=4.5V, I_I=-18mA$   |     |                  | -1.2 | V    |
| $V_{OH}$                                                                         | $V_{CC}=4.5V, I_{OH}=-2mA$ | 2.5 |                  |      | 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   |

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

| switching characteristics |              |             |                                                                                                   |     |     |     |      |
|---------------------------|--------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| PARAMETER                 | FROM (INPUT) | TO (OUTPUT) | TEST CONDITIONS                                                                                   | MIN | TYP | MAX | UNIT |
| $t_{PLH}$                 | A or B       | Y           | $V_{CC}=4.5V$ to $5.5V$ ,<br>$C_L=50pF$ ,<br>$R_L=500\Omega$ ,<br>$T_A=MIN$ to $MAX$ <sup>¶</sup> | 1.0 |     | 4.5 | ns   |
| $t_{PHL}$                 |              |             |                                                                                                   | 1.0 |     | 4.0 | ns   |

<sup>¶</sup>For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

5

図 6 は、74AS00（データシートは表 3）を用いた図 7 の回路の入力  $A$  に変化する信号を加えたとき、各部の電圧の変化を示したものである。いずれの NAND ゲートにおいても出力が変化するために最大の時間がかかるものとして、図 6 に示した 3 か所の時間  $t_{AB}$ 、 $t_{BC}$ 、 $t_d$  を求めよ。計算の過程は不要である。なお、図 7 では 2 種類の記号が用いられているが、3 つとも 74AS00 を用いた NAND ゲートである。

[各 3 点×3=9 点]

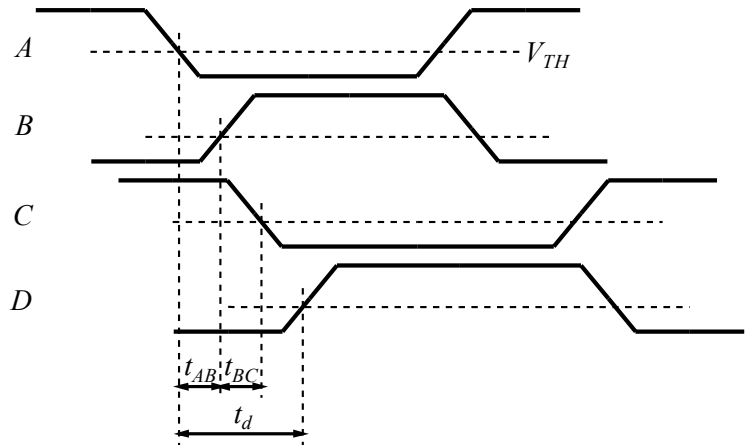


図 6 図 7 各部の電圧波形

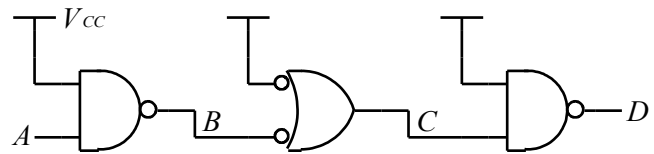


図 7

6

図 8 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、整数位未満四捨五入]

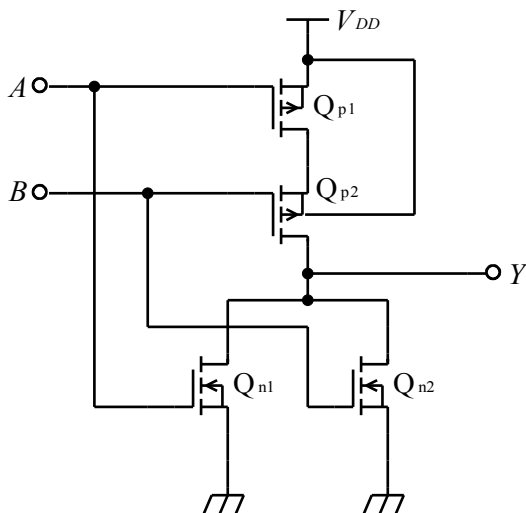


図 8

表 4 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   |          |          |          |          |        |

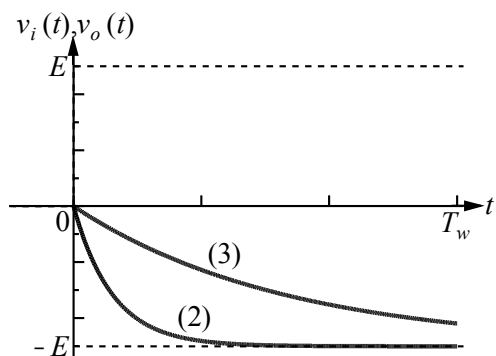
## 情報工学科 3 年 電子回路 期末試験 略 解

1

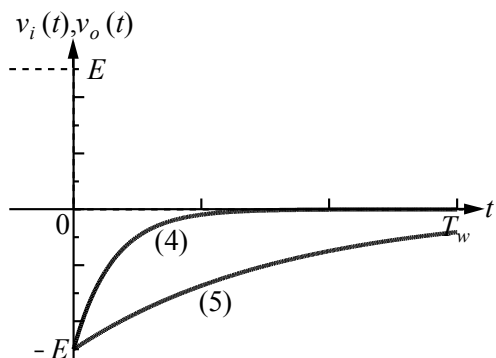
- (1)  $V_{DS} = 0.10[\text{V}]$   
 (2)  $V_{DD} - R_D I_F - 4V_F - V_{DS} = 0$   
 (3)  $R_D = 45[\Omega]$

2

- (1)  $\tau = 0.122 [\text{ms}]$   
 (2), (3)



- (4), (5)

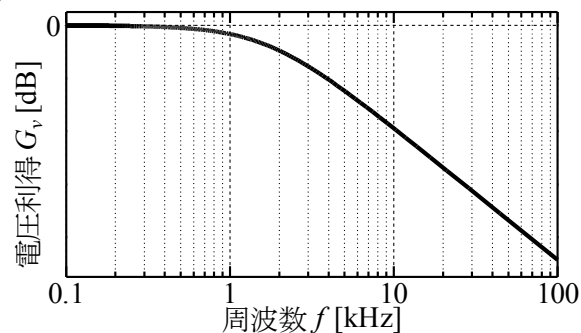


- (6) 略

3

- (1) 略  
 (2)  $A_v = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}$   
 (3)  $G_v = -21.6[\text{dB}]$   
 (4)  $f_c = 1690[\text{Hz}]$

- (5)



4

- (1)  $0.5[\text{V}]$   
 (2)  $0.3[\text{V}]$

5

$$t_{AB} = 4.5[\text{ns}], \quad t_{BC} = 4.0[\text{ns}], \quad t_d = 13.0[\text{ns}]$$

6

| 入 力 |     | FET の状態  |          |          |          | 出 力<br>$Y$ |
|-----|-----|----------|----------|----------|----------|------------|
| $A$ | $B$ | $Q_{p1}$ | $Q_{n1}$ | $Q_{p2}$ | $Q_{n2}$ |            |
| L   | L   | ON       | OFF      | ON       | OFF      | H          |
| L   | H   | ON       | OFF      | OFF      | ON       | L          |
| H   | L   | OFF      | ON       | ON       | OFF      | L          |
| H   | H   | OFF      | ON       | OFF      | ON       | L          |