

情報工学科 3 年 電子回路 期末試験 問 題

2009 年 2 月 18 日実施

- 問題は 5 ページあります.
- 解答は解答用紙に行なうこと.

1

図 1 の $V_{DS}-I_D$ 特性を持つ FET を用いた
図 2 のスイッチング回路により, 図 3 の特
性を持つ LED を点灯させたい. 設計の条件
を表 1 の通りとするとき, それぞれについ
て以下の各問に答えよ. ただし, 表 1 に挙
げた値の有効数字の桁数は 3 桁とする.

[16 点]

- (1) LED1 個当たりの順電圧 V_F を 0.01[V] の位ま
で求めよ. [3 点]
- (2) FET が ON になっているときのドレイン
ソース間電圧 V_{DS} を 0.05[V] 単位で求めよ.
[3 点]
- (3) ドレインソース間の回路に成り立つ式を,
表 1 及び図 2 に示した記号を用いて示せ.
[6 点]
- (4) ドレイン抵抗 R_D を求めよ. 計算の過程も示
すこと. ただし, 有効数字の桁数は, 計算
の過程に従って決定すること. [4 点]

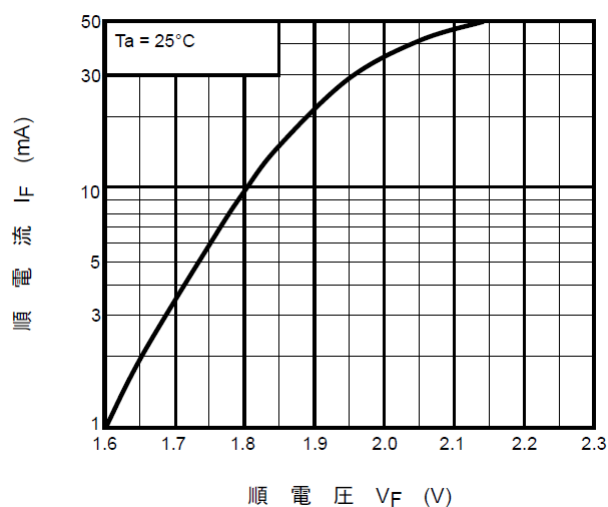
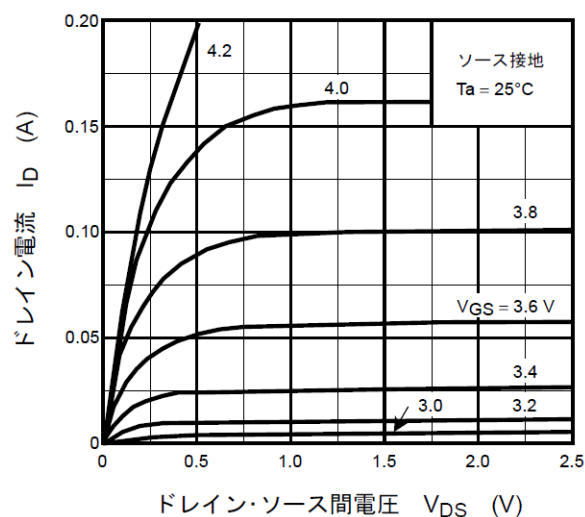
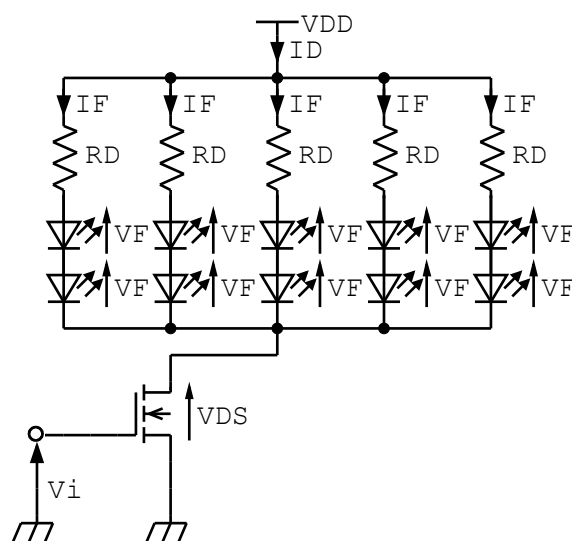
図 3 LED の V_F-I_F 特性図 1 FET の $V_{DS}-I_D$ 特性

図 2 LED 点灯回路

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	5.00[V]
$V_{GS(ON)}$	FET を ON (LED を点 灯) にするときの入力電 圧 V_i	4.00[V]
I_F	LED 点灯時の順電流	20.0[mA]

2

図 4 の回路について、以下の各問に答えよ。

[17 点]

- (1) 図 4 に示す記号を用いて、入力電圧 $v_i(t)$ と出力電圧 $v_o(t)$ の関係を表す式を、 $v_o(t)$ について解いた形で示せ。 [6 点]
- (2) $v_i(t)$ として図 5 に示す電圧を加えたとき、 $v_o(t)$ の波形を示せ。ただし、 $R_i = 1.5[\text{k}\Omega]$, $R_f = 3.0[\text{k}\Omega]$ とし、解答用紙における破線の波形は、 $v_i(t)$ を表すものとする。 [8 点]
- (3) 図 4 の回路の名称は何か。 [3 点]

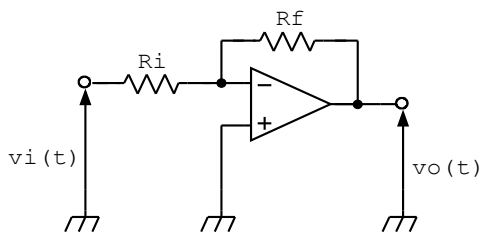


図 4

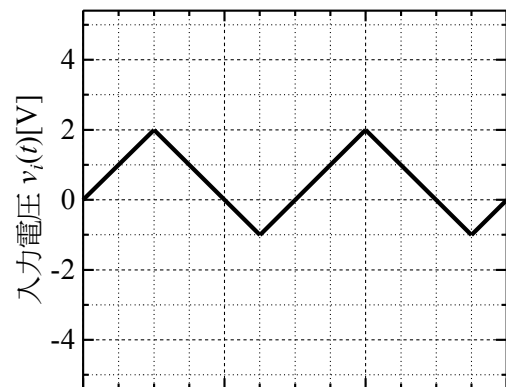


図 5 入力電圧波形

3

図 6 の回路について、以下の各問に答えよ。

[37 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 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 ω の関数として導け。 [6 点]
- (3) $R = 2.70[\text{k}\Omega]$, $C = 0.0330[\mu\text{F}]$, 入力電圧の周波数 $f = 10.0[\text{kHz}]$ のとき, 電圧利得 G_v を有効数字 3 桁で求めよ。 [6 点]
- (4) 遮断周波数 f_c を求める式を導け。 [6 点]

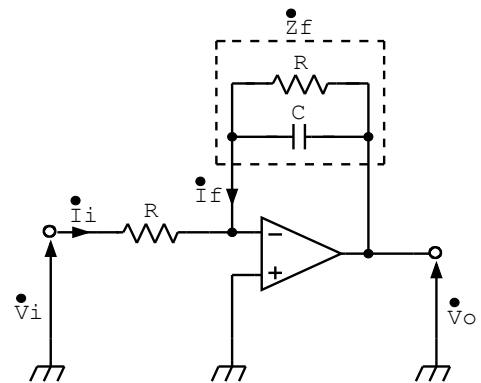


図 6

- (5) (3)と同じ素子値のとき, 遮断周波数 f_c を有効数字 3 桁で求めよ。 [4 点]
- (6) 電圧利得の周波数特性はどのようなになるか, 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。 [3 点]

表 2 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)及び(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。

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

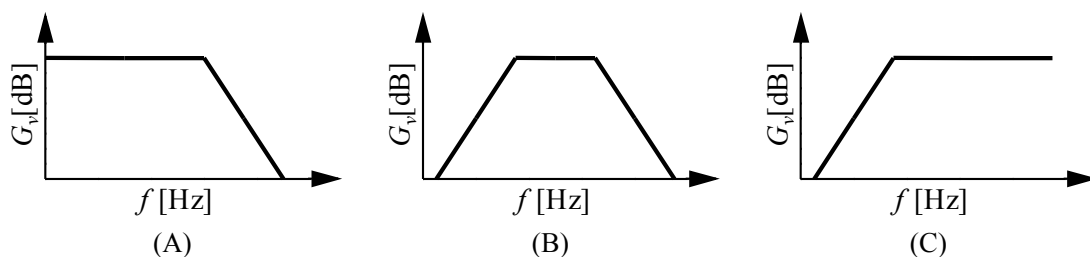


図 7 周波数特性の概形

4

表 3 は、74S04 のデータシートより、推奨動作条件、電気的特性及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。計算を要するものについては、計算の過程も示すこと。

[各 3 点×5=15 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
- (3) H レベルである出力端子に接続できるゲート数
- (4) L レベルである出力端子に接続できるゲート数
- (5) ファンアウト数

表 3 74S04 の推奨動作条件、電気的特性及びスイッチング特性

recommended operating conditions					
		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	High-level input voltage	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage			0.8	V
I_{OH}	High-level output current			-1	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}	$V_{CC}=\text{MIN}, I_I=-18\text{mA}$			-1.2	V
V_{OH}	$V_{CC}=\text{MIN}, V_{IL}=0.8\text{V}, I_{OH}=-1\text{mA}$	2.7	3.4		V
V_{OL}	$V_{CC}=\text{MIN}, V_{IH}=2\text{V}, I_{OL}=20\text{mA}$			0.5	V
I_I	$V_{CC}=\text{MAX}, V_I=5.5\text{V}$			1	mA
I_{IH}	$V_{CC}=\text{MAX}, V_I=2.7\text{V}$			50	μA
I_{IL}	$V_{CC}=\text{MAX}, V_I=0.5\text{V}$			-2	mA
$I_{OS}^{\S}$	$V_{CC}=\text{MAX}$	-40		-100	mA
I_{CCH}	$V_{CC}=\text{MAX}, V_I=0\text{V}$		15	24	mA
I_{CCL}	$V_{CC}=\text{MAX}, V_I=4.5\text{V}$		30	54	mA

[†] For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

[‡] All typical values are at $V_{CC}=5\text{V}, T_A=25^\circ\text{C}$.

[§] Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short-circuit should not exceed one second.

switching characteristics, $V_{CC}=5\text{V}, T_A=25^\circ\text{C}$							
PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A	Y	$R_L=280\Omega, C_L=15\text{pF}$		3	4.5	ns
t_{PHL}					3	5	ns

5

図 8 は、74S04（データシートは表 3）を用いた図 9 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 NOT 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 8 に示した 3 か所の時間を求めよ。

（図 9 では 2 種類の記号が用いられているが、3 つとも 74S04 を用いた NOT ゲートである。）

[各 3 点×3=9 点]

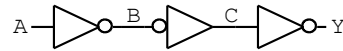
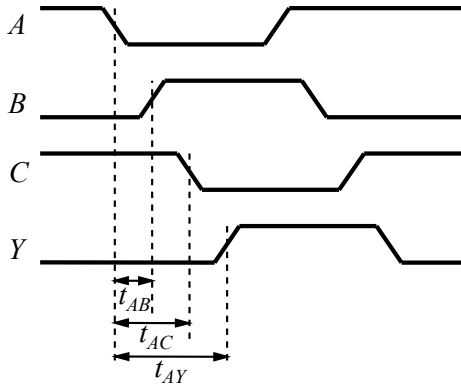


図 9

図 8 図 9 各部の電圧波形

6

図 10 の回路の入力 A に L レベルまたは H レベルの電圧を加えるとき、FET の状態及び出力 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 1 点×6=6 点]

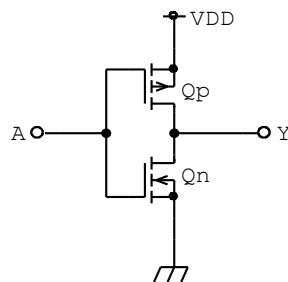


図 10

表 4 図 10 の回路における FET の状態と出力

入力 A	FET の状態		出力 Y
	Q_p	Q_n	
L			
H			

情報工学科 3 年 電子回路 期末試験 略 解

1

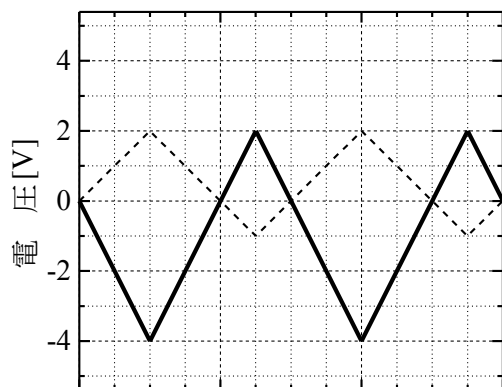
- (1) $V_F = 1.89[\text{V}]$
 (2) $V_{DS} = 0.25[\text{V}]$
 (3) $V_{DD} - R_D I_F - 2V_F - V_{DS} = 0$
 (4) $R_D = 49[\Omega]$

5

- (1) $t_{AB} = 4.5[\text{ns}]$
 (2) $t_{AC} = 9.5[\text{ns}]$
 (3) $t_{AY} = 14[\text{ns}]$

2

- (1) $v_o(t) = -\frac{R_f}{R_i} v_i(t)$
 (2)



- (3) 略

3

- (1) 略
 (2) $A_v = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}$
 (3) $G_v = -15.1[\text{dB}]$
 (4) $f_c = \frac{1}{2\pi CR}$
 (5) $f_c = 1790[\text{Hz}]$
 (6) 略

4

- (1) 0.7[V]
 (2) 0.3[V]
 (3) 20
 (4) 10
 (5) 10

6

入 力 A	FET の状態		出 力 Y
	Q _p	Q _n	
L	ON	OFF	H
H	OFF	ON	L