

111 年公務人員高等考試三級考試試題

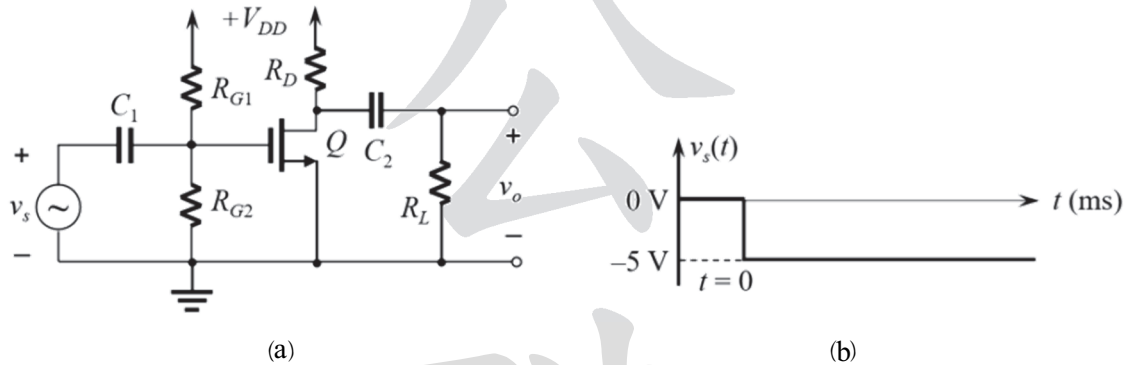
類 科：電力工程、電子工程

科 目：電子學

考試時間：2 小時

鄭奇老師

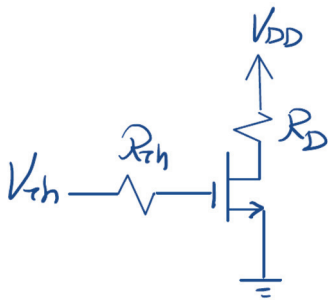
一、下圖(a)電晶體 Q 之參數 $k_n'(W/L)=1\text{mA/V}^2$ ， $V_t=1\text{V}$ ， $V_A=\infty$ ， $C_{gs}=C_{gd}=0$ ； $V_{DD}=+5\text{V}$ ， $C_1=C_2=1\ \mu\text{F}$ ， $R_{G1}=90\ \text{k}\Omega$ ， $R_{G2}=60\ \text{k}\Omega$ ， $R_D=1\text{k}\Omega$ ， $R_L=35\ \text{k}\Omega$ 。 $v_s(t=-\infty)=0$ ； $t \geq 0$ ， $v_s(t)$ 為 -5V 步級波如下圖(b)。 $t=0^-$ 時，電容 C_1 與 C_2 均無電流通過； $t=0^+$ 時 Q 截止，且 $t=t_1$ 時 Q 導通進入三極區或飽和區。先分析 $t=0^-$ 時之閘極、汲極電壓與 v_o ，再求算 t_1 以及 $0 < t \leq t_1$ 之 $v_o(t)$ ，列出必要的過程計算式。(20 分)



《考題難易》：★★★★

《破題關鍵》：FET 直流偏壓電路分析與 RC 充放電路分析

【擬答】



$$K = \frac{1}{2} K_n' \left(\frac{W}{L} \right) = 1 \text{mA/V} = 0.5 \text{mA/V}$$

$t = 0^-$ 時

$$V_{in} = V_{DD} \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 5 \times \frac{60}{90 + 60} = 2\text{V}$$

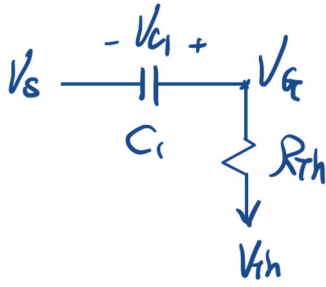
$$R_m = R_{G1} // R_{G2} = 90 // 60 = 36\text{k}\Omega$$

$$V_G = V_{in} = 2\text{V}$$

$$I_D = K(V_{GS} - V_t)^2 = 0.5 \times (2 - 1)^2 = 0.5\text{mA}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 5 - 0.5 \times 1 = 1.5\text{V}$$

$$v_o = 0\text{V}$$



$\tau = t_1$ 時 $V_{GS} = V_t$ 進入飽和區

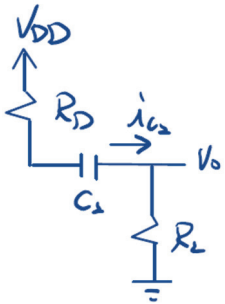
$$t = R_{th} \cdot C_1 = 36K \times 1\mu = 36m \text{ Sec}$$

$$V_{C_1} = 7 + [0 - 7]e^{-\frac{t}{36m}} = 7 - 7e^{-\frac{t}{36m}}$$

$$V_{GS} = V_G = V_G + V_{C_1} = V_t$$

$$\Rightarrow -5 + \left(7 - 7e^{-\frac{t_1}{36m}}\right) = 2 - 7e^{-\frac{t_1}{36m}} = 1$$

$$\therefore t_1 = -36 \ln \frac{1}{7} m \text{ Sec}$$



$0 < t < t_1$ 時, Q 截止

$$\tau_2 = (R_D + R_L)C_2 = (1K + 35K) \times 1\mu = 36m$$

$$V_{C_2}(t) = 5 + (0 - 5) \cdot e^{-\frac{t}{36m}} = 5 - 5e^{-\frac{t}{36m}}$$

$$i_{C_2}(t) = 1\mu \times \frac{d\left(5 - 5e^{-\frac{t}{36m}}\right)}{dt} = \frac{5}{36} e^{-\frac{t}{36m}} mA$$

$$v_o(t) = i_{C_2}(t) \times R_L = \frac{5}{36} e^{-\frac{t}{36m}} \times 35 = \frac{175}{36} e^{-\frac{t}{36m}} V$$

志光學儒保成

我變強的祕密

工科題庫班

解析 題目觀念



精選易錯題型
加強觀念解析

強化 解題技巧



以題目授課
加強應考實力

增快 答題速度



加強快速審題
增加取分機會

題庫班老師會將考試內容做統整，並講解解題需注意的點，讓學生在考場上遇到相似題型，不會不知如何著手以及解省時間。

110年高考&鐵路高員電子工程 李○憲 **考取2種考試**



志光學儒保成

跟著工科學長姐們 戰上榜

我們都是前三名

連過三榜

曾○富

普考 電子工程【狀元】
地特四等電子工程(高市)【榜眼】
高考 電子工程【探花】

狀元.榜眼.探花

普考 電信工程【狀元】鐘○翊
地特四等(竹苗區)電子工程【狀元】詹○凱
地特四等(台中市)電力工程【狀元】柯○訓

地特三等(高雄市)電力工程【榜眼】江○展
普考 電信工程【探花】王○鎧
地特三等(台北市)電力工程【探花】黃○任
地特五等(台北市)電子工程【探花】柯○輝

110年度優秀考取

高考電力工程 廖○禾
高考電力工程 徐○志
高考電力工程 江○展
高考電力工程 邱○輝
高考電力工程 徐○軒
高考電力工程 曾○倫
高考電力工程 陳○宥
高考電力工程 曾○翔
高考電力工程 李○賢

高考電子工程 林○玄
高考電子工程 張○揚
高考電子工程 李○憲
高考電子工程 游○璋
高考電子工程 何○勳
高考機械工程 鄭○威
高考機械工程 邱○清
高考機械工程 陳○好
高考機械工程 李○誠

高考機械工程 吳○揚
普考電力工程 吳○翰
普考電力工程 李○誼
普考電力工程 蔡○祐
普考電力工程 黃○堯
普考電力工程 席○棠
普考電力工程 曾○翔
普考電力工程 黃○任
普考電力工程 陳○文

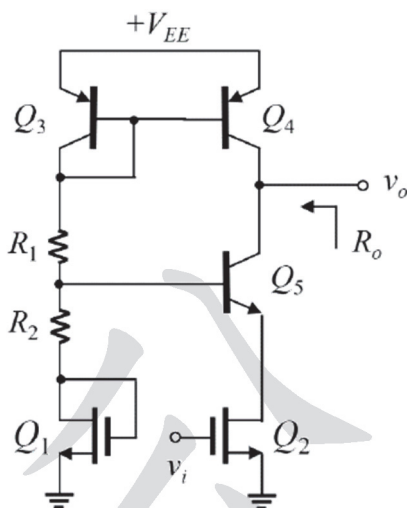
普考電力工程 曾○倫
普考電力工程 賴○綸
普考電力工程 陳○祥
普考電力工程 江○展
普考電力工程 盧○源
普考電力工程 陳○昇
普考電力工程 曾○毅
普考電力工程 詹○豪

普考電子工程 張○揚
普考電子工程 黃○皓
普考電子工程 李○齊
普考電子工程 高○辰
普考電子工程 詹○凱
普考電子工程 蔡○典
普考電子工程 林○玄
普考電子工程 王○延

普考機械工程 李○誠
普考機械工程 陳○好
普考機械工程 許○貴
普考機械工程 李○璇
初等電子工程 柯○輝
地特三等電力工程 張○培
地特四等電力工程 盧○源
地特四等電力工程 蘇○禎
因版面有限，無法一一刊登

公職王歷屆試題 (111 高考三級)

二、下圖放大器中， $R_1+R_2=3\text{ k}\Omega$ ，所有晶體 $V_A=5\text{ V}$ ； Q_1 與 Q_2 ： $\mu_n C_{ox}=200\text{ }\mu\text{A}/\text{V}^2$ ， $W/L=40$ ， $V_t=0.8\text{ V}$ ； $Q_3\sim Q_5$ ： $\beta=100\gg 1$ ，直流分析時忽略基極電流。求算 Q_2 之偏壓電流以及放大器輸出電阻 R_o 。(20 分)



《考題難易》：★★★★

《破題關鍵》：積體電路分析

【擬答】

$$K_1 = K_2 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) = \frac{1}{2} \times 0.2\text{ m} \times 40 = 4\text{ mA}/\text{V}^2$$

$$V_{GS2} = 0\text{ V}$$

$$I_{D2} = K_2 (V_{GS2} - V_t)^2 = 4 \times (0 - 0.8)^2 = 2.56\text{ mA}$$

$$I_{C4} = I_{C5} = I_{D2} = 2.56\text{ mA}$$

$$r_{o2} = r_{o4} = r_{o5} = \frac{5}{2.56\text{ m}} = 1.95\text{ k}\Omega$$

$$g_{m5} = \frac{I_{C5}}{V_T} = \frac{2.56\text{ m}}{25\text{ m}} = 102.4\text{ mA}/\text{V}$$

$$r_{\pi5} = \frac{\beta}{g_{m5}} = \frac{100}{102.4\text{ m}} = 0.98\text{ k}\Omega$$

$$R_{o4} = r_{o4} = 1.95\text{ k}\Omega$$

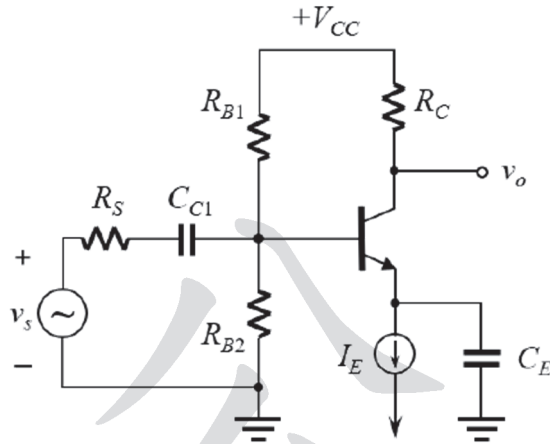
$$R_{o5} = r_{o5} + (1 + g_{m5} \times r_{o5})(r_{\pi5} // r_{o2})$$

$$= 1.95 + (1 + 102.4 \times 1.95)(0.98 // 1.95) = 132.84\text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_{o4} // R_{o5} = 1.95 // 132.84 = 1.92\text{ k}\Omega$$

公職王歷屆試題 (111 高考三級)

三、下圖 BJT 工作於主動區， $\beta = 48 \gg 1$ ， $r_{\pi} = 1.2 \text{ k}\Omega$ ， $r_x = 0$ ， $r_o = \infty$ ， $C_{\pi} = 1.25 \text{ pF}$ ， $C_{\mu} = 0.3 \text{ pF}$ ；
 $C_{C1} = 2.2 \text{ }\mu\text{F}$ ， $C_E = 4 \text{ }\mu\text{F}$ ， $R_S = 3 \text{ k}\Omega$ ， $R_{B1} = 30 \text{ k}\Omega$ ， $R_{B2} = 20 \text{ k}\Omega$ ， $R_C = 0.8 \text{ k}\Omega$ ， I_E 為理想偏壓電流。
 以短路常數法與開路常數法分別估算放大器電壓增益響應之高頻 3-dB 頻率 ω_H 與低頻 3-dB 頻率 ω_L ，必須列出過程計算式。(20 分)



《考題難易》：★★★
 《破題關鍵》：頻率響應

【擬答】

ω_H :

$$g_m = \frac{\beta}{r_{\pi}} = \frac{48}{1.2K} = 40 \text{ mA/V}$$

$$R_{\mu} = (R_S // R_{B1} // R_{B2} // r_{\pi}) + R_C + g_m (R_S // R_{B1} // R_{B2} // r_{\pi}) \cdot R_C$$

$$= (3 // 30 // 20 // 1.2) + 0.8 + 40 \times (3 // 30 // 20 // 1.2) \times 0.8 = 27.2 \text{ K}\Omega$$

$$R_{\pi} = R_S // R_{B1} // R_{B2} // r_{\pi} = 0.8 \text{ K}\Omega$$

$$\omega_H = \frac{1}{R_{\mu} C_{\mu} + R_{\pi} C_{\pi}} = \frac{1}{27.2K \times 0.3P + 0.8K \times 1.25P} = 1.09 \times 10^8 \text{ rad/S}$$

ω_L :

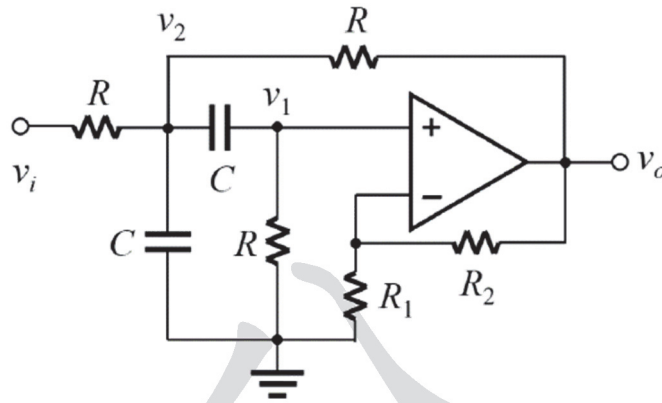
$$R_{C1} = R_S + (R_{B1} // R_{B2} // r_{\pi}) = 3 + (30 // 20 // 1.2) = 4.09 \text{ K}\Omega$$

$$R_{C_E} = \frac{(R_S // R_{B1} // R_{B2}) + r_{\pi}}{1 + \beta} = \frac{(3 // 30 // 20) + 1.2}{1 + 48} = 0.073 \text{ K}\Omega$$

$$\omega_L = \frac{1}{R_{C1} \cdot C_{C1}} + \frac{1}{R_{C_E} \cdot C_E} = \frac{1}{4.09K \times 2.2\mu} + \frac{1}{0.073K \times 4\mu} = 3535.79 \text{ rad/S}$$

公職王歷屆試題 (111 高考三級)

四、下圖電路使用理想運算放大器， $R=1\text{ k}\Omega$ ， $C=0.1\text{ }\mu\text{F}$ ， $R_2=aR_1=3\text{ k}\Omega$ ，其 3-dB 頻寬為 10^4 rad/sec ，利用所標示之 v_1 與 v_2 推導其轉移函數 $H(s)=v_o(s)/v_i(s)$ ， $s=j\omega$ ，並求算 $|H(j\omega)|$ 之極大值與 a 之值。(20 分)



《考題難易》：★★★★★

《破題關鍵》：濾波器電路分析

【擬答】

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$$

$$\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + sC + sC\right)V_2 = \frac{V_i}{R} + \frac{V_o}{R} + sC V_1$$

$$\Rightarrow \left(\frac{2}{R} + 2sC\right)V_2 = \frac{V_i}{R} + \frac{V_o}{R} + sC \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$$

$$= \frac{V_i}{R} + \left(\frac{1}{R} + \frac{sR_1 C}{R_1 + R_2}\right)V_o \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{sC}} = \frac{V_1}{R} \Rightarrow V_2 = \left(1 + \frac{1}{sRC}\right)V_1 = \frac{1 + sRC}{sRC} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o \text{ 代入 } \textcircled{1}$$

$$\text{得 } \frac{2 + 2sRC}{R} \times \frac{1 + sRC}{sRC} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o = \frac{V_i}{R} + \left(\frac{1}{R} + \frac{sR_1 C}{R_1 + R_2}\right)V_o$$

$$\Rightarrow H(S) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \times \frac{1}{RC} S}{S^2 + \left(\frac{3}{RC} - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{RC}\right)S + \frac{2}{R^2 C^2}}$$

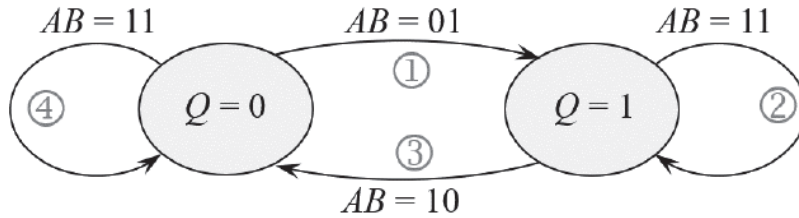
$$B.W. = \frac{3}{RC} - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{RC}$$

$$\Rightarrow 10^4 = \frac{3}{1\text{K} \times 0.1\mu} - \frac{3\text{K}}{\frac{3}{\text{K}}} \times \frac{1}{1\text{K} \times 0.1\mu} = 3 \times 10^4 - a \times 10^4 \quad \therefore a = 2$$

$$|H(j\omega)| = \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \times \frac{1}{RC} \omega}{\sqrt{\left(\frac{2}{R^2 C^2} - \omega^2\right)^2 + \left[\left(\frac{3}{RC} - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{RC}\right)\omega\right]^2}}$$

$$H_{\max} = |H(j\omega)|_{\omega=\sqrt{\frac{2}{R^2C^2}}} = \frac{(1+\frac{R_2}{R_1}) \times \frac{1}{RC}}{\frac{3}{RC} - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{RC}} = \frac{1+\frac{R_2}{R_1}}{3-\frac{R_2}{R_1}} = \frac{1+2}{3-2} = 3$$

五、下圖為一數位電路的狀態圖 (state diagram)，圖中箭頭表示狀態改變的方向，並以①②③④編號。先依編號順序畫出此電路的輸入 A、B 與輸出 Q 對應的狀態改變時序圖 (timing diagram)，再以 NAND 邏輯閘設計此電路，以真值表說明工作原理。(20 分)



《考題難易》：★★★★
 《破題關鍵》：數位電路設計與分析

【擬答】

Timing diagram showing inputs A and B, and outputs Q and Q_{n+1} over time. A and B are 0111, 1101, 1111, 1111. Q is 0, 1, 1, 0. Q_{n+1} is 1, 1, 0, 0.

Q _{n+1}	AB	00	01	11	10
0			1		
1				1	

$$Q_{n+1} = \bar{A}B\bar{Q} + ABQ$$

ABQ	Q _{n+1}
010	1
111	1
101	0
110	0

$$= \overline{\bar{A}B\bar{Q}} + \overline{ABQ}$$

$$= \overline{\bar{A}B\bar{Q}} \cdot \overline{ABQ}$$