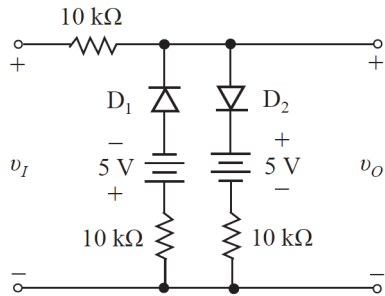


110 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：四等考試
 類 科：電力工程、電子工程
 科 目：電子學概要
 考試時間：1 小時 30 分

鄭奇老師

一、假設下圖電路中的二極體為理想二極體，試描述此電路的轉換特型，即描述在不同輸入電壓 v_I 值的情況下，其所對應輸出電壓 v_O 的值為何？(20 分)



圖一

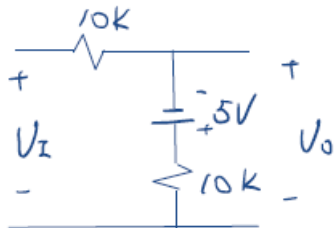
《考題難易》：★★
 《解題關鍵》：二極體直流電路分析

【擬答】：

| | (I) | (II) | (III) |
|----------------|-----|------|-------|
| D ₁ | ON | ON | OFF |
| D ₂ | OFF | ON | ON |

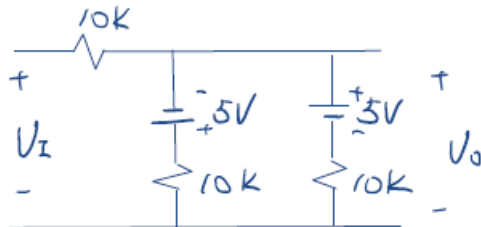
→ V_I

(I) D₁ ON, D₂ OFF



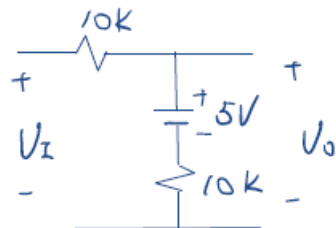
$$V_o = \frac{V_I - 5}{2} \dots\dots(1)$$

(II) D₁ ON, D₂ ON



$$V_o = \frac{V_I - 5 + 5}{3} = \frac{V_I}{3} \dots\dots(2)$$

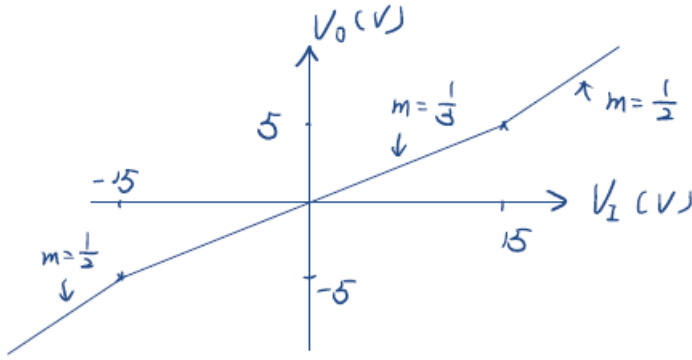
(III) D₁ OFF, D₂ ON



$$V_o = \frac{V_I + 5}{2} \dots\dots(3)$$

由(1)(2)得 $V_I = 15V \rightarrow V_o = 5V$ 轉折點(15V, 5V)

由(2)(3)得 $V_I = -5V \rightarrow V_o = -5V$ 轉折點(-15V, -5V)



志光 學儒 保成

工科公職+國營

善用重疊考科，一次準備
一年內超過 8 次上榜機會！

| | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|---|---|---|
| 初等考 1月 ● 最容易上手的公職考試 | 關務特考 4月 ● 考科少於同職等考試 | 鐵路特考 6月 (110年因疫情延至9月) ● 佐級錄取率最高 | 高普考 7月 (110年因疫情延至10月) ● 主流考試，缺額眾多 | 調查局特考 8月 (110年因疫情延至10月) ● 三等月薪76,000起 |
| 地方特考 12月 ● 考科同高普考 | 自來水評價人員 不定期舉辦 ● 只考選擇題 | 台電考試 不定期舉辦 ● 考科少、好準備 | 中油僱員 不定期舉辦 ● 只考2科，多為選擇題 | 國營事業職員級 不定期舉辦 ● 國營退休潮，缺額多，工科類科競爭者少 |

錄取率高

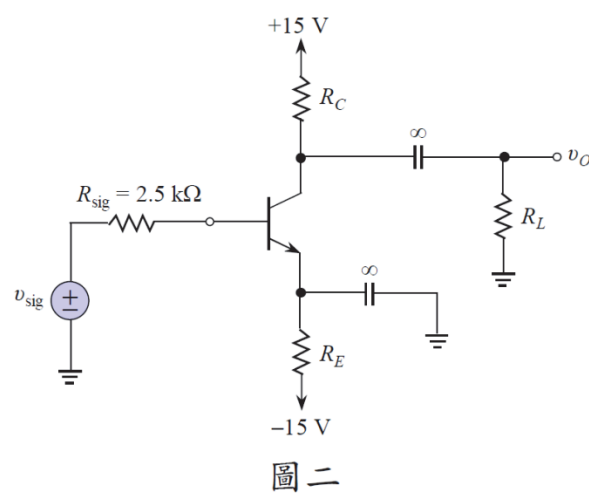
109年
工科錄取率
最高達 **19.42%**

| | | | |
|-----------|----------|-----------|-----------|
| 電力工程 | 電子工程 | 機械工程 | 資訊工程 |
| 高考 19.42% | 高考 9.04% | 高考 18.27% | 高考 12.92% |
| 普考 17.33% | 普考 9.39% | 普考 13.70% | 普考 10.47% |

二、如下圖電路，若 v_{sig} 為一個小的弦波信號，平均為零，而此電晶體的 β 為 100。(20 分)

(一) 當射極電流和集極電壓分別為 0.5mA 和 5V 時，請求 R_E 和 R_C 值。

(二) 當 $R_L = 10k\Omega$ ，且爾利電壓 (Early voltage) $V_A = 99V$ 時，請畫出放大器的小信號 π 型等效電路，並求整體的電壓增益。

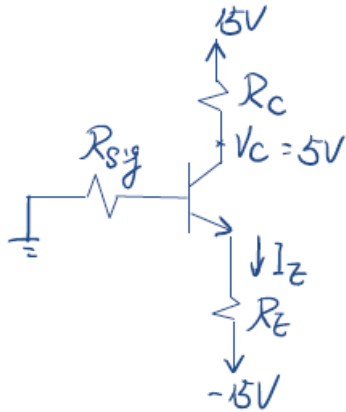


《考題難易》：★★

《解題關鍵》：BJT 直流電路分析與交流小信號分析

【擬答】：

(一)DC 分析



$$I_C = \frac{\beta}{1+\beta} \times I_E = \frac{100}{1+100} \times 0.5 = 0.495mA$$

$$I_E = \frac{0 - 0.7 - (-15)}{\frac{R_{sig}}{1+\beta} + R_E} = 0.5$$

$$\Rightarrow \frac{2.5}{1+100} + R_E = \frac{15 - 0.7}{0.5}$$

$$\Rightarrow R_E = 28.58k\Omega$$

$$R_C = \frac{15 - V_C}{I_C} = \frac{15 - 5}{0.495} = 20.2k\Omega$$

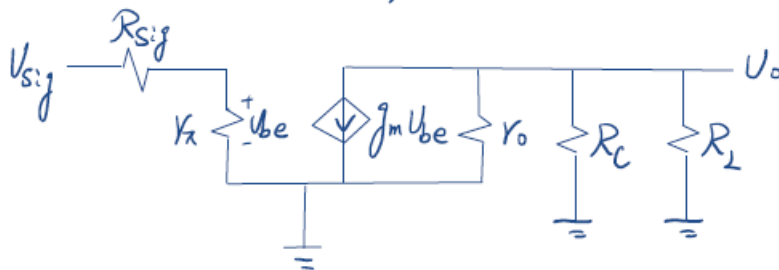
(二)

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.495}{100} = 0.00495mA$$

$$r_\pi = \frac{V_T}{I_B} = \frac{25m}{0.00495m} = 5.05k\Omega$$

$$g_m = \frac{\beta}{r_\pi} = \frac{100}{5.05} = 19.8mA/V$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{99}{0.495} = 200k\Omega$$



$$V_{be} = V_{sig} \times \frac{V_\pi}{R_{sig} + r_\pi}$$

$$V_o = -g_m V_{be} \times (r_o \parallel R_C \parallel R_L) = -g_m V_{sig} \times \frac{V_\pi}{R_{sig} + r_\pi} \times (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$$

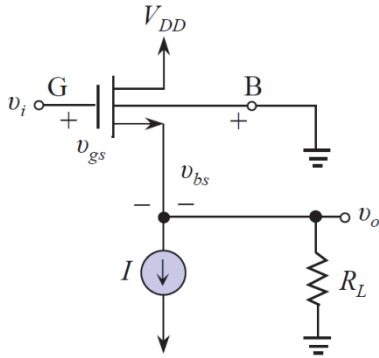
$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_{sig}} = -g_m \times \frac{V_\pi}{R_{sig} \times r_\pi} \times (r_o \parallel R_C \parallel R_L) = -19.8 \times \frac{5.05}{2.5 + 5.05} \times (200 \parallel 20.2 \parallel 10)$$

$$=-85.72$$

公職王歷屆試題 (110 地方特考)

三、下圖為一 IC 源極隨藕器，當 NMOS 電晶體的 $k'_n=160\mu A/V^2$ ，爾利電壓 (Early voltage) $V_A=20V$ ， $\chi=0.2$ ， $W/L=100$ ，且過驅電壓 (overdrive voltage) $V_{OV}=0.5V$ 。(20 分)

- (一) 請求此電路的電壓增益 A_{vo} 和輸出電阻 R_o 值。
 (二) 若接上 $1k\Omega$ 負載電阻時，電壓增益將變為多少？



圖三

《考題難易》：★★★★

《解題關鍵》：FET 交流小信號分析

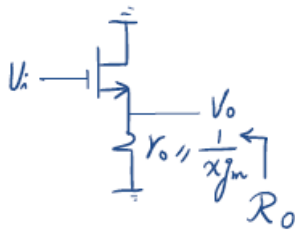
【擬答】：

$$K = \frac{1}{2} K'_n \frac{W}{L} = \frac{1}{2} \times 160\mu \times 100 = 8m A/V^2$$

$$g_m = 2K V_{ov} = 2 \times 8m \times 0.5 = 8m A/V^2$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_D} = \frac{V_A}{K \times V_{ov}^2} = \frac{20}{8m \times 0.5^2} = 10k\Omega$$

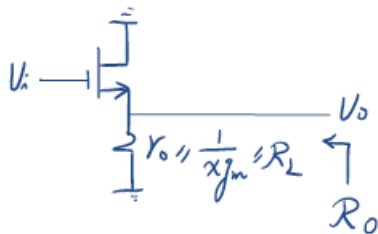
(一)



$$A_{vo} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{r_o // \frac{1}{\chi g_m}}{\frac{1}{g_m} + (r_o // \frac{1}{\chi g_m})} = \frac{10 // \frac{1}{0.2 \times 8}}{\frac{1}{8} + (10 // \frac{1}{0.2 \times 8})} = 0.825$$

$$R_o = \frac{1}{g_m} // r_o // \frac{1}{\chi g_m} = \frac{1}{8} // 10 // \frac{1}{0.2 \times 8} = 0.103k\Omega$$

(二)



$$A_{vo} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{r_o // \frac{1}{\chi g_m} // R_L}{\frac{1}{g_m} + (r_o // \frac{1}{\chi g_m} // R_L)}$$

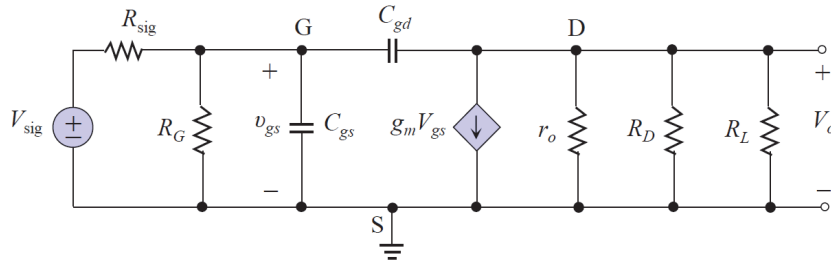
$$= \frac{10 // \frac{1}{0.2 \times 8} // 1}{\frac{1}{8} + (10 // \frac{1}{0.2 \times 8} // 1)} = 0.75$$

公職王歷屆試題 (110 地方特考)

四、下圖為共源極 (CS) 放大器的高頻等效電路模型。若信號源內部電阻 $R_{sig}=100k\Omega$ ，同時放大器具有 $R_G=4.7M\Omega$ 、 $R_D=R_L=15k\Omega$ 、 $g_m=1mA/V$ 、 $r_o=150k\Omega$ 、 $C_{gs}=1\text{ pF}$ 及 $C_{gd}=0.4\text{ pF}$ 。
(20 分)

(一) 請求出此放大電路的中頻增益 A_M 、上 3-dB 頻率 f_H 以及零點頻率值。

(二) 若用另一個具有同樣大的 C_{gs} 但小一點 C_{gd} 的 MOSFET 去替換原本的電晶體, 若想達到 1MHz 的 f_H ，求 C_{gd} 最大可為多少?



圖四

《考題難易》：★★★

《解題關鍵》：頻率響應

【擬答】：

(一)

$$V_o = -g_m V_{gs} (r_o \parallel R_D \parallel R_L) = -g_m \times V_{sig} \times \frac{R_G}{R_{sig} + R_G} \times (r_o \parallel R_D \parallel R_L)$$

$$A_M = \frac{v_o}{v_{sig}} = -g_m \times \frac{R_G}{R_{sig} + R_G} \times (r_o \parallel R_D \parallel R_L) = -1 \times \frac{4700}{100 + 4700} \times (150 \parallel 15 \parallel 15) = -6.99$$

$$\therefore R_{gs} = R_{sig} \parallel R_G = 100 \parallel 4700 = 97.92k\Omega$$

$$R_{gd} = (R_{sig} \parallel R_G) + (r_o \parallel R_D \parallel R_L) + g_m (R_{sig} \parallel R_G) (r_o \parallel R_D \parallel R_L) \\ = (100 \parallel 4700) + (150 \parallel 15 \parallel 15) + 1 \times (100 \parallel 4700) \times (150 \parallel 15 \parallel 15) = 804.49k\Omega$$

由開路時間常數法

$$f_H = \frac{1}{2\pi(R_{gd}C_{gd} + R_{gs}C_{gs})} = \frac{1}{2\pi(804.49k \times 0.4p + 97.92k \times 1p)} = 379.2kHz$$

$$f_z = \frac{1}{2\pi} \times \frac{g_m}{C_{gd}} = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1m}{0.4p} = 397.89MHz$$

(二)

$$f_H = \frac{1}{2\pi(R_{gd}C_{gd} + R_{gs}C_{gs})} = \frac{1}{2\pi(804.49k \times C_{gd} + 97.92k \times 1p)} = 1M$$

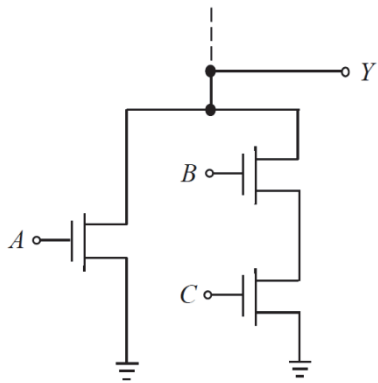
$$\therefore C_{gd} = 0.076PF$$

公職王歷屆試題 (110 地方特考)

五、請回答下列問題：

(一)請畫出三輸入 NAND 的 CMOS 電路。(10 分)

(二)畫出下圖五中 PDN 相對應的 PUN 電路，然後畫出完整的 CMOS 邏輯電路。又此電路所實現的布林函數為何？(10 分)



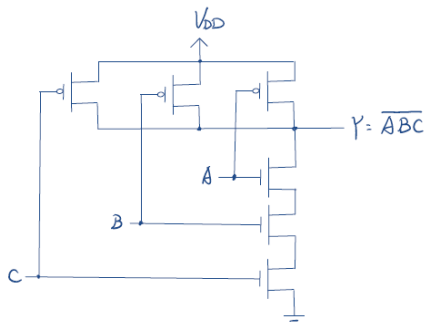
圖五

《考題難易》：★★

《解題關鍵》：CMOS 數位電路分析

【擬答】：

(一)



(二)

