

111 年公務人員普通考試試題

類 科：電力工程、電子工程、電信工程

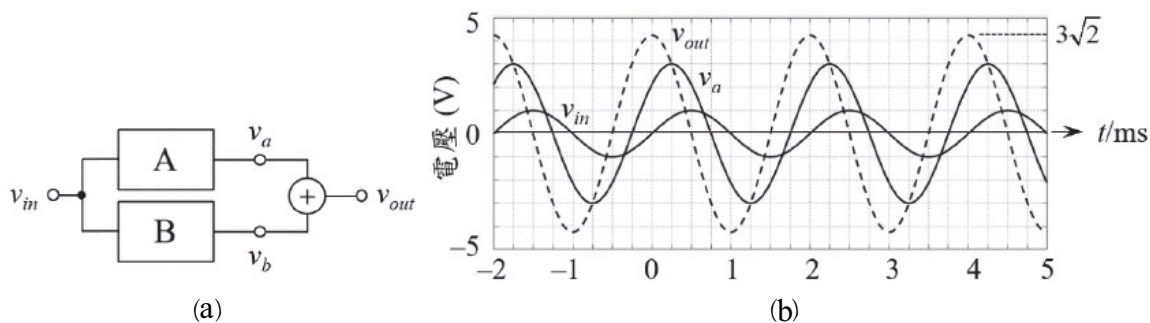
科 目：電子學概要

考試時間：1 小時 30 分

註：必要時可以最簡分數或函數式如 $(\ln(3.5) - \pi/6 + \sqrt{3})$ 表示。

鄭奇老師

一、下圖(a)中放大器 A、B 與加法器均為線性電路，輸入阻抗 $=\infty$ ，輸出阻抗 $=0$ 。A 與 B 之輸入電壓弦波 v_{in} ，輸出分別為 v_a 與 v_b ，相加得振幅 $3\sqrt{2}$ 之 v_{out} 。求算 B 之放大倍率 G_B 以及 v_b 相對於 v_{in} 訊號之相位角。(20 分)



《考題難易》：★★

《解題關鍵》：放大器基本概念

【擬答】

$$v_{in} = 1\angle 0^\circ$$

$$v_a = 3\angle 45^\circ$$

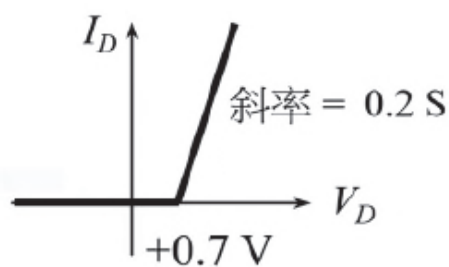
$$v_{out} = 3\sqrt{2}\angle 90^\circ$$

$$v_b = v_{out} - v_a = 3\sqrt{2}\angle 90^\circ - 3\angle 45^\circ = 3\angle 135^\circ$$

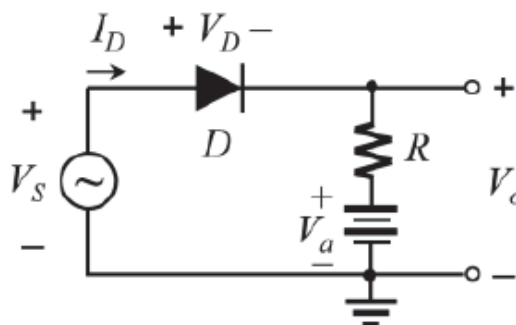
$$G_B = \frac{v_b}{v_{in}} = \frac{3}{1} = 3$$

$$\theta = \theta_b - \theta_{in} = 135^\circ - 0^\circ = 135^\circ$$

二、二極體 I - V 特性曲線如下圖(a)，求算下圖(b)電路消耗於二極體 D 與電阻 R 的時平均功率， $V_S = 5 \sin \omega t$ V， $V_a = 1.8$ V， $R = 20 \Omega$ 。(20 分)



(a)

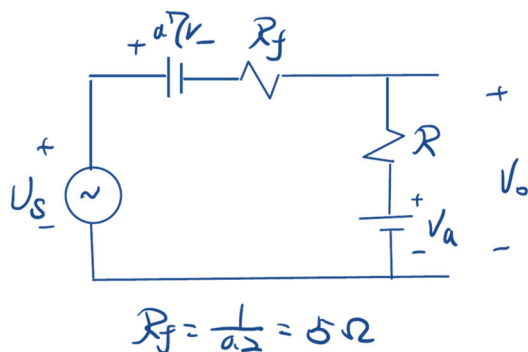


(b)

《考題難易》：★★★★

《解題關鍵》：二極體電路分析

【擬答】



$$R_f = \frac{1}{0.2} = 5\Omega$$

$\therefore V_s - 1.8 \geq 0.7$ 時 D ON

$\therefore V_s \geq 2.5V \Rightarrow D$ 導通角 $30^\circ \sim 150^\circ$

$$i_D = \frac{5 \sin \theta - 2.5}{R_f + R} = \frac{5 \sin \theta - 2.5}{20 + 5} = 0.2 \sin \theta - 0.1$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} (0.2 \sin \theta - 0.1)^2 d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \times (0.03\theta - 0.01 \sin 2\theta + 0.04 \cos \theta) \Big|_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \times \left(\frac{\pi}{50} - \frac{3}{50} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \right)} = \sqrt{\frac{1}{100} - \frac{3\sqrt{3}}{200\pi}} A$$

$$P_D = I_{rms}^2 \times R_f = \left(\sqrt{\frac{1}{100} - \frac{3\sqrt{3}}{200\pi}} \right)^2 \times 5 = \frac{1}{20} - \frac{3\sqrt{3}}{40\pi} W$$

$$P_R = I_{rms}^2 \times R_f = \left(\sqrt{\frac{1}{100} - \frac{3\sqrt{3}}{200\pi}} \right)^2 \times 20 = \frac{1}{5} - \frac{3\sqrt{3}}{10\pi} W$$

三、矽晶的原子密度為 $5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ ，電子本質濃度 $n_i = 1.5 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ ，此矽晶摻雜硼（三價元素），濃度為 $1/10^8$ 。圓柱體矽晶樣本長度 L ，截面積為 $A = 1\text{cm}^2$ ，兩端施加電壓 V ，則其內部電場為 $E = V/L$ 。樣本中之電洞與電子受此電場作用而獲得移動速度分別為 $v_p = \mu_p E$ 與 $v_n = -\mu_n E$ ，其中 μ_p 與 μ_n 稱為遷移率 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)。純質矽晶 $\mu_p = 475$ 與 $\mu_n = 1400$ ，摻雜質之矽晶 $\mu_p = 375$ 與 $\mu_n = 1000$ 。電量為 Q 的帶電粒子在 Δt 時間移動距離 Δx ，其速度為 $v = \Delta x/\Delta t$ ，電流量 $I = Q/\Delta t$ 。單一電子帶電量 $q = 1.6 \times 10^{-19}$ 庫倫。求算此純質矽晶與摻雜硼之矽晶每單位長度電阻值，註明單位。（20 分）

《考題難易》：★★★★

《解題關鍵》：半導體物理特性

【擬答】

純質矽：

$$P = n = n_i = 1.5 \times 10^{10} / \text{cm}^3$$

$$\rho = \frac{1}{q(p\mu_p + n\mu_n)} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19} \times (1.5 \times 10^{10} \times 475 + 1.5 \times 10^{10} \times 1400)} = 2.22 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\therefore R = \rho \cdot \frac{L}{A} = 2.22 \times 10^5 \times \frac{1}{1} = 2.22 \times 10^5 \Omega$$

摻雜礬：

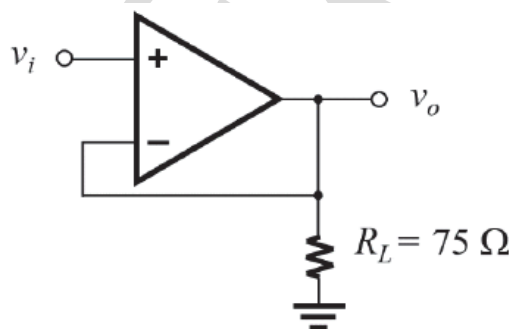
$$P \approx N_A = 5 \times 10^{22} \times \frac{1}{10^8} = 5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$$

$$n = \frac{n_i^2}{N_A} = \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{5 \times 10^{14}} = 4.5 \times 10^5 / \text{cm}^3$$

$$\rho = \frac{1}{q(p\mu_p + n\mu_n)} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19} \times (5 \times 10^{14} \times 375 + 4.5 \times 10^5 \times 1000)} = 33.33 \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\therefore R = \rho \cdot \frac{L}{A} = 33.33 \times \frac{1}{1} = 33.33 \Omega$$

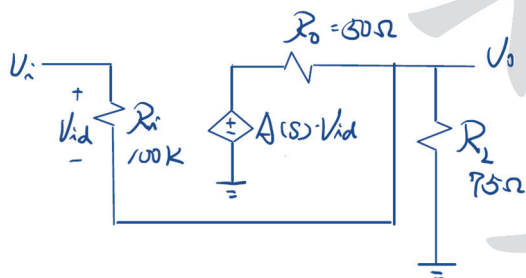
四、下圖運算放大器的輸入電阻 $R_i = 100 \text{k}\Omega$ ，輸出電阻 $R_o = 50 \Omega$ ，低頻開路電壓增益 $A_o = 10^3 \text{V/V}$ ，頻率響應有一個極點 $f_p = 50 \text{Hz}$ 。畫出此運算放大器的等效電路並標出所有元件數值，再求算下圖電路的低頻電壓增益 $A_v = v_o/v_i$ 與其 3-dB 頻寬。(20 分)



《考題難易》：★★★★

《解題關鍵》：非理想 OPA 電路分析

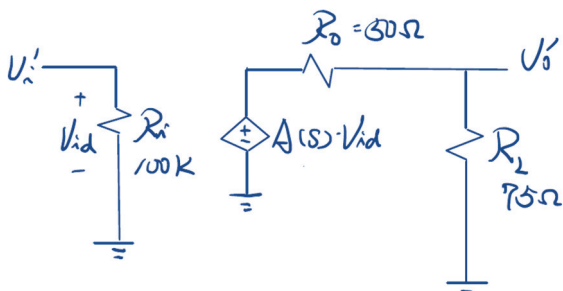
【擬答】



$$A(s) = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_p}} = \frac{10^3}{1 + j \frac{f}{50}}$$

$$\beta = 1$$

開迴路 A



$$A = \frac{V_o'}{V_i'} = A(S) \times \frac{R_L}{R_o + R_L} = \frac{10^3}{1 + j \frac{f}{50}} \times \frac{75}{50 + 75} = \frac{0.6 \times 10^3}{1 + j \frac{f}{50}}$$

$$A_v(S) = \frac{V_o(S)}{V_i(S)} = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{\frac{0.6 \times 10^3}{1 + j \frac{f}{50}}}{1 + 1 \times \frac{0.6 \times 10^3}{1 + j \frac{f}{50}}} = \frac{600}{601} \frac{1}{1 + j \frac{f}{30050}}$$

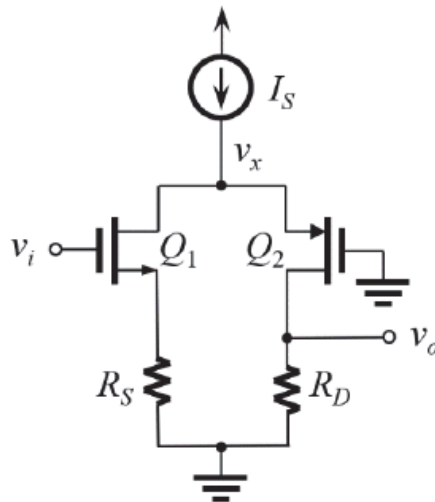
$$\therefore A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{600}{601}$$

$$B.W. = 30050 \text{ Hz}$$

五、下圖 v_i 與 v_o 分別是放大器輸入與輸出的小訊號電壓， I_S 是偏壓電流源， $R_S = R_D = 1 \text{ k}\Omega$ ； Q_1 與 Q_2 操作於飽和區， $g_{m1} = 0.8 \text{ mA/V}$ ， $g_{m2} = 0.5 \text{ mA/V}$ ， $r_{o1} = r_{o2} = 3 \text{ k}\Omega$ ， $k_n'(W/L)_1 = 2k_p'(W/L)_2 = 1 \text{ mA/V}^2$ ，忽略 body effect。（每小題 10 分，共 20 分）

(一) 當 I_S 含有雜訊電流 Δi ，求算 $R_m = v_o / \Delta i$ ，註明單位。

(二) I_S 為理想電流源，求算電壓增益 $A_{v1} = v_x / v_i$ 與 $A_{v2} = v_o / v_x$ 。



《考題難易》：★★★★★

《解題關鍵》：多級放大器電路分析

【擬答】

(一)

$$K_n = \frac{1}{2} K_n' \left(\frac{W}{L} \right)_1 = \frac{1}{2} \times 1 \text{ m} = \frac{1}{2} \text{ mA/V}^2$$

$$K_p = \frac{1}{2} K_p' \left(\frac{W}{L} \right)_2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \text{ m} = \frac{1}{4} \text{ mA/V}^2$$

$$i_{dp} = \Delta i \times \frac{K_n}{K_n + K_p} = \Delta i \times \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = \frac{2}{3} \Delta i$$

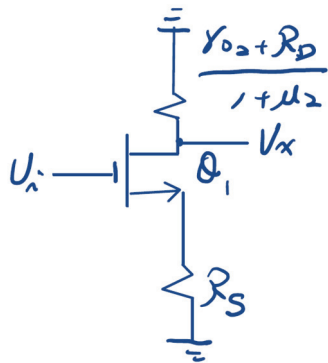
$$V_o = i_{dp} \times R_D = \frac{2}{3} \Delta i \times R_D$$

$$\therefore R_m = \frac{V_o}{\Delta i} = \frac{2}{3} \times R_D = \frac{2}{3} \text{ k}\Omega$$

(二)

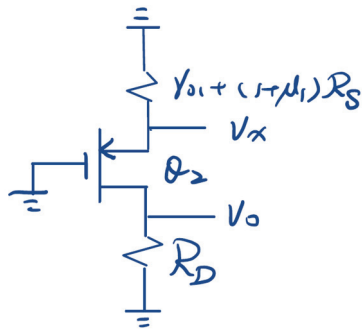
$$\mu_1 = g_{m1} r_{o1} = 0.8 \times 3 = 2.4$$

$$\mu_2 = g_{m2} r_{o2} = 0.5 \times 3 = 1.5$$



$$A_{v1} = \frac{v_x}{v_i} = -\mu_1 \times \frac{\frac{r_{o2} + R_D}{1 + \mu_2}}{\frac{r_{o2} + R_D}{1 + \mu_2} + r_{o1} + (1 + \mu_1)R_S}$$

$$= -2.4 \times \frac{\frac{3+1}{1+1.5}}{\frac{3+1}{1+1.5} + 3 + (1+2.4) \times 1} = -\frac{12}{25}$$



$$A_{v2} = \frac{v_o}{v_x} = (1 + \mu_2) \times \frac{R_D}{R_D + r_{o2} + (1 + \mu_2)[r_{o1} + (1 + \mu_1)R_S]}$$

$$= (1 + 1.5) \times \frac{1}{1 + 3 + (1 + 1.5) \times [3 + (1 + 2.4) \times 1]} = \frac{1}{8}$$

志光
保成
學儒



112年 虛實整合

多元學習新型態

重聽OK
旁聽OK



突破傳統上課形式 **5大方式彈性又便利**

| 面授學習 | 直播學習 | 在家學習 | 視訊學習 | Wifi學習 |

◆學習◆
零時差

同類科各班別
皆可同步直播上課

◆服務◆
零死角

服務緊貼需求
隨時掌握學習狀況



線上
課業諮詢



老師
申論批閱



雙師資
雙循環



多元
補課方式



上榜生
經驗親授



時事
專題講座



歷屆試題
練習



班導師
制度

各班服務略有不同，詳情請洽全國志光、保成、學儒門市

志光學儒保成

到底怎樣才能 輕鬆考取?



快來掌握 8 大課程密招



法科架構班

結合實務例子
建構法科概念



扎實正規班

完整堂數
循序漸進



工科全科班

公職+國營
一次到位



作文實戰班

強化寫作架構
理清邏輯概念



主題題庫班

主題教學
考點分析



精華總複習

掌握考點
增強實力



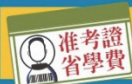
全真模擬考

比照真實考試
檢視應考實力



考前關懷講座

名師最終提點
觀念更加清晰



7/29(五)前, 憑111年高普考准考證報名課程享考生折扣

志光學儒保成

我同時考取 4 種工科考試



跟著連過4榜的學長 掌握關鍵科目解題技巧

不考取不放棄! 我選擇考取班

推薦給正在準備工科考試的你!

基本電學是全部學科的根基, 跟著老師的課程,
從解釋概念到掌握電路的解題技巧, 成為你的上榜關鍵秘笈。



盧○源

普考 電力工程 / 鐵路特考 佐級電子工程 / 國營聯招新進職員 電機(二) / 地方特考四等 電力工程(高市)



你還有這些機會!!

鐵路特考

高普考

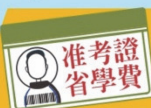
地方特考

自來水評價人員

台電僱員

中油僱員

國營聯招職員級



7/29

(五)前

憑111年高普考
准考證報名

享考生折扣