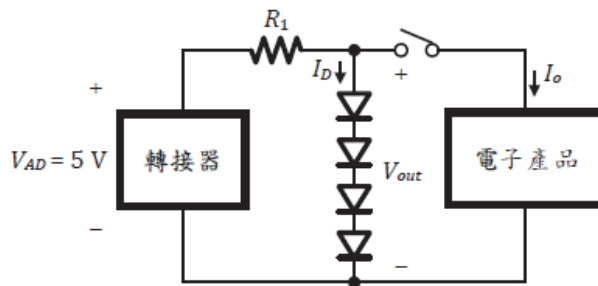


109 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試
類 科：電力工程、電子工程
科 目：電子學

- 一、有一位電子工程師遺失了 3V 穩壓器，但找到一個 5V 轉接器，於是他決定應用電子學知識去建構如下圖的電路，其中四個在順向偏壓下相同的二極體可以產生輸出電壓 $V_{out} = 4V_D$ 。當未接上電子產品時，使用電阻 $R_1 = 200\Omega$ 可以使得電壓 $V_{out} = 3V$ ，請求出二極體的逆向飽和電流 I_S 為何？然後，接入電子產品，供應消耗電流 $I_o = 8\text{ mA}$ ，則此時輸出電壓 V_{out} 和二極體電流 I_D 為何？二極體特性：電流 $I_D = I_S \cdot \exp\left(\frac{V_D}{V_T}\right)$ ，其中 V_D 為導通電壓和 $V_T = 25\text{ mV}$ 。（25 分）



【解題關鍵】：二極體特性方程式

《考題難易》：★★★★

【擬答】：

$$I_D = I_{R_1} = \frac{V_{AD} - V_{out}}{R_1} = \frac{5 - 3}{0.2} = 10\text{ mA}$$

$$V_D = \frac{V_{out}}{4} = \frac{3}{4} = 0.75\text{ V}$$

$$I_D = I_S e^{V_D/V_T} \Rightarrow I_S = \frac{I_D}{e^{V_D/V_T}} = \frac{10\text{ m}}{e^{0.75/25\text{ m}}} = 9.36 \times 10^{-16}\text{ A}$$

$$V_{out} = 4V_D = 4V_T \ln \frac{I_{R_1} - I_o}{I_S} = 4 \times 25\text{ m} \times \ln \frac{10\text{ m} - 8\text{ m}}{9.36 \times 10^{-16}} \quad \text{-----(1)}$$

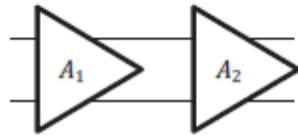
設 $V_{out} = 3V$ 代入(1)式

得 $V_{out} = 2.84V$ 代入(1)式

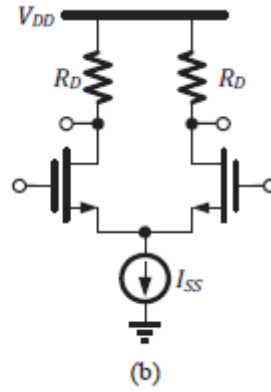
得 $V_{out} = 2.87V$

$$I_D = \frac{V_{AD} - V_{out} - I_o R_1}{R_1} = \frac{5 - 2.87}{0.2} - 8\text{ m} = 2.65\text{ mA}$$

- 二、前端放大電路由二級串接的放大器所組成，如圖(a)所示；假設此二級放大器是由相同的 NMOS 差動對電路設計，如圖(b)所示，請依照題意設計此電路。此 NMOS 差動對電路具有電壓增益為 8 且功率消耗為 2.7mW，且第一級輸出信號必須滿足第二級放大器的 1.5V 輸入共模 (common-mode) 準位。請設計此電路所需參數：偏壓電流 I_{SS} 、電阻 R_D 和電晶體尺寸 W/L 為何？電源供應電壓 $V_{DD} = 1.8V$ ，電晶體參數特性： $\mu_n C_{ox} = 400\text{ }\mu\text{A/V}^2$ 、 $V_{TH} = 0.6\text{ V}$ 、 $\lambda = 0$ ，電壓和電流關係式： $I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L) (V_{GS} - V_{TH})^2$ 。（25 分）



(a)



(b)

【解題關鍵】：差動放大器原理

《考題難易》：★★

【擬答】：

$$I_{SS} = \frac{P}{V_{DD}} = \frac{2.7m}{1.8} = 1.5mA$$

$$V_{CM} = V_{DD} - \frac{I_{SS}}{2} \times R_D$$

$$\Rightarrow 1.5 = 1.8 - \frac{1.5}{2} \times R_D$$

$$\therefore R_D = 0.4K\Omega$$

$$A_d = \frac{2R_D}{\frac{1}{g_m}} = g_m R_D$$

$$\Rightarrow 8 = g_m \times 0.4K$$

$$\Rightarrow g_m = 20mA/V$$

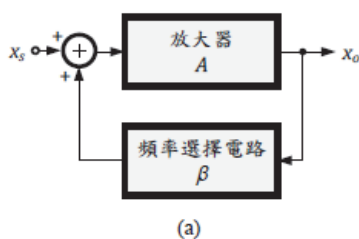
$$g_m = 2\sqrt{\frac{1}{2}\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \times \frac{I_{SS}}{2}}$$

$$\therefore \frac{W}{L} = \frac{2000}{3}$$

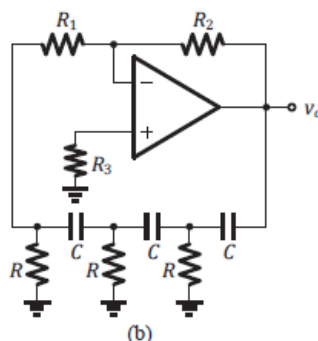
三、下圖為正回授振盪電路架構，假設使用理想運算放大器、電阻和電容為電路組成元件，其中 $R_3=(R_1||R_2)$ 、 $R=1k\Omega$ 和 $C=100pF$ 。

(一)依據圖(a)正回授電路架構，說明巴克豪森定則 (Barkhausen criterion) 振盪條件。(10 分)

(二)圖(b)為相位位移 (phase-shift) 振盪器，計算此電路之振盪頻率和起振時所需要 R_2/R_1 值。(15 分)



(a)



(b)

【解題關鍵】：巴克豪森定則與相位位移振盪器推導

《考題難易》：★★★★

【擬答】：

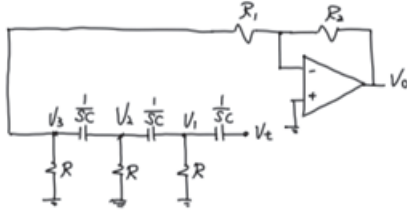
$$(\rightarrow) L(j\omega_0) = A(j\omega_0) \beta(j\omega_0) = 1 \angle 0^\circ$$

巴克豪森定則：

$$\angle A(j\omega_0) \beta(j\omega_0) = 0$$

$$|A(j\omega_0) \beta(j\omega_0)| = 1$$

(\(\Rightarrow\))



$$(2SC + \frac{1}{R})V_1 = SCV_i + SCV_2 = SC(V_i + V_2)$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{SC}{2SC + \frac{1}{R}}(V_i + V_2)$$

$$(2SC + \frac{1}{R})V_2 = SCV_3 + SCV_1 = SCV_3 + \frac{S^2C^2}{2SC + \frac{1}{R}}V_i + \frac{S^2C^2}{2SC + \frac{1}{R}}V_2$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{(2S^2R^2C^2 + SRC)}{(3S^2R^2C^2 + 4SRC + 1)}V_3 + \frac{S^2R^2C^2}{(3S^2R^2C^2 + 4SRC + 1)}V_i$$

$$(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R} + SC)V_3 = SCV_2$$

$$\Rightarrow (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R} + SC)V_3 = SC(\frac{2S^2R^2C^2 + SRC}{3S^2R^2C^2 + 4SRC + 1}V_3 + \frac{S^2R^2C^2}{3S^2R^2C^2 + 4SRC + 1}V_i)$$

$$\Rightarrow V_3 = \frac{S^3R_1R^3C^3}{S^3R_1R^3C^3 + 6S^2R_1R^2C^2 + 5SR_1RC + 2S^2R^3C^2 + 4SR^2C + R + R_1}V_i$$

$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1}V_3 = -\frac{R_2}{R_1} \times \frac{S^3R_1R^3C^3}{S^3R_1R^3C^3 + 6S^2R_1R^2C^2 + 5SR_1RC + 2S^2R^3C^2 + 4SR^2C + R + R_1}V_i$$

$$L(j\omega) = \beta A = \frac{V_0}{V_i} = \frac{\omega^3 R_2 R^3 C^3}{(\omega^3 R_1 R^3 C^3 - 5\omega R_1 R C - 4\omega R^2 C) - j(6\omega^2 R_1 R^2 C^2 + 2\omega^2 R^3 C^2 - R - R_1)}$$

振盪頻率：

$$6\omega^2 R_1 R^2 C^2 + 2\omega^2 R^3 C^2 - R - R_1 = 0$$

$$\omega^2 (6R_1 R^2 C^2 + 2R^3 C^2) = R + R_1$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{R + R_1}{6R_1 R^2 C^2 + 2R^3 C^2}}$$

振盪條件：

$$\frac{\omega^3 R_2 R^3 C^3}{\omega^3 R_1 R^3 C^3 - 5\omega R_1 R C - 4\omega R^2 C} \geq 1$$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} \geq 1 - \frac{5}{\omega^2 R^2 C^2} - \frac{4}{\omega^2 R_1 R C^2}$$

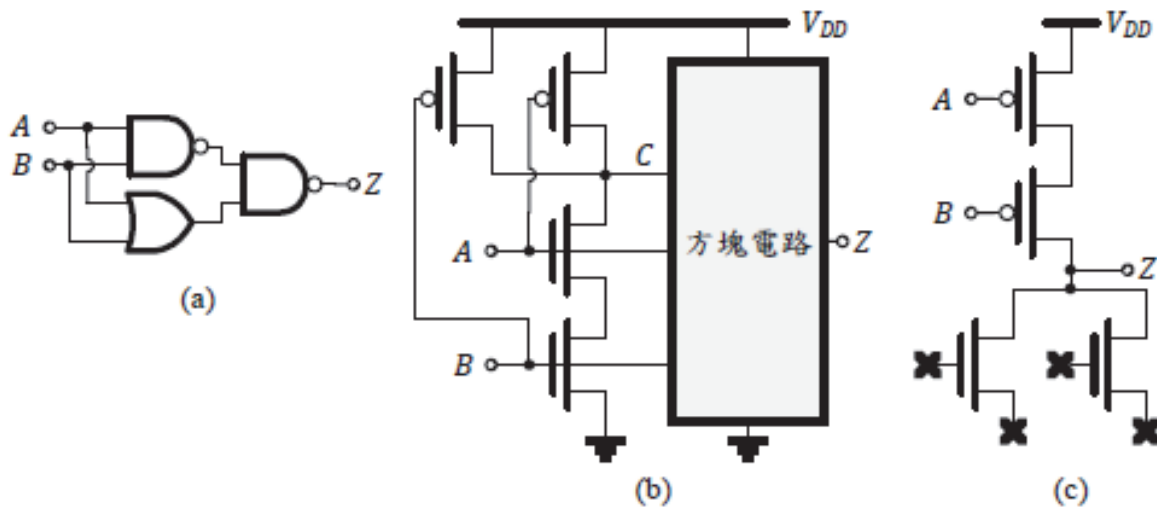
公職王歷屆試題 (109 地方特考)

四、對於二輸入之數位邏輯電路，回答下列題目，完成 CMOS 數位電路設計。

(一) 依據圖(a)邏輯電路，請列出其真值表 (truth table)。(5 分)

(二) 為了完成圖(a)邏輯電路，使用圖(b)實現 CMOS 互補式電晶體邏輯電路設計，請將方塊電路完成。(10 分)

(三) 圖(c)為採用傳輸電晶體邏輯電路，只利用四個電晶體設計電路，請設計連接 NMOS 未完成的四個輸入點，得以實現圖(a)邏輯電路功能。(10 分)



【解題關鍵】：CMOS 數位電路與傳輸電晶體邏輯電路設計原理

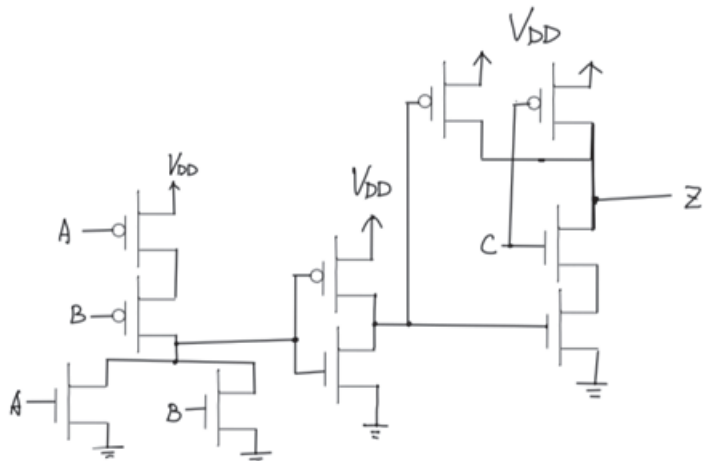
《考題難易》：★★

【擬答】：

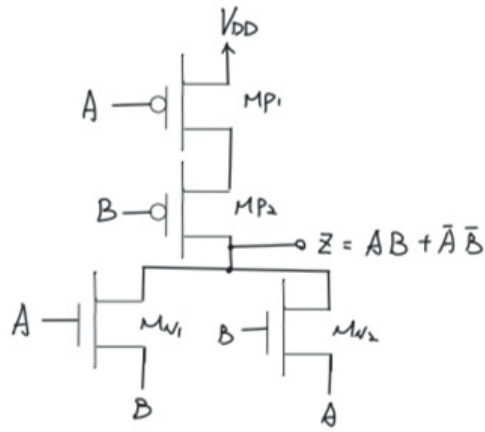
(一)

A	B	Z
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

(二)



(三)



志光.學儒.保成

高普考
地方特考

工頂題庫班

最強 3 階段課程

歸納歷屆經典考題，一步一步強化你的實力，就是要你上榜

易錯題型觀念解析
運用全國大數據系統，挑選歷年學生作答時易錯題型，加強觀念解析

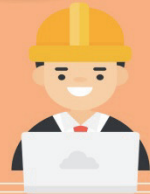
強化解題技巧
教你解題關鍵，以題目方式授課，帶你加強應考實力

增加答題速度
讓你在有限的答題時間快速審題、破題，增加取分機會

我是工科人，我工頂啦！

由於考試的題目非常靈活，參加題庫班，除了勤做考古題外，大量實作解說，很快速地強化我的考前記憶，每做一道題目馬上能判斷是在哪一章節，然後再進行解題。

一年考取 109 普考 電子工程 曾○維



志光.學儒.保成

公職工科+國營事業

1+1 更有力

準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就上榜！

110年上榜路徑大公開！一起準備最聰明，一年超過8次上榜機會，等你工頂！

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 ●佐級錄取率最高	高普考 7月 ●一次準備，四次上榜機會	調查局特考 8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 ●110年預計5月考試	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，限工科報考競爭者少

錄取率高

109年
工科錄取率
最高達19.42%

電力工程

高考 19.42%
普考 17.33%

電子工程

高考 9.04%
普考 9.39%

機械工程

高考 18.27%
普考 13.70%

資訊工程

高考 12.92%
普考 10.47%