

104 年公務人員普通考試試題

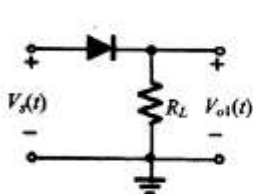
類 科：電力工程、電子工程、電信工程

科 目：電子學概要

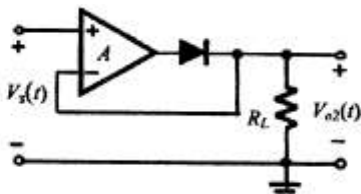
一、圖一(a)與圖一(b)中， $R_L = 1K\Omega$ ，二極體導通時跨壓為 $0.7V$ ，運算放大器之開路增益 $A_v = 1000V/V$ ，兩元件之其他特性均為理想。 $V_s(t)$ 如圖一(c)所示，週期 $T=1$ 毫秒。

(一) 畫出 $V_{o1}(t)$ ，並說明電路操作原理。

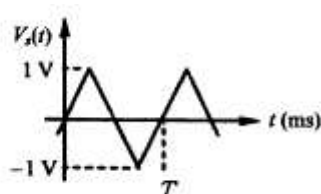
(二) 畫出 $V_{o2}(t)$ ，並說明電路操作原理。



圖一(a)



圖一(b)



圖一(c)

【擬答】：

(一) 分析：

1. 當 $V_s(t) > 0.7V$ 時，二極體順偏，則 $V_{o1}(t) = V_s(t) - 0.7$ ，在輸入最高為 $1V$ 時，
 $V_{o1}(t) = 0.3V$

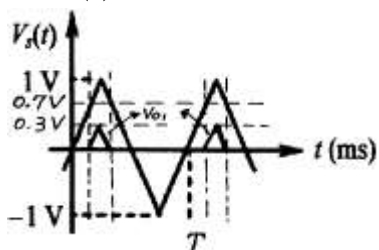
2. 當 $V_s(t) \leq 0.7V$ 時，二極體逆偏，則 $V_{o1}(t) = 0$ ，如圖(a)所示。

(二) 分析：

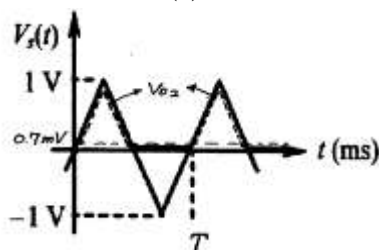
因為運算放大器之開路增益 $A_v = 1000V/V$ ，則輸入只要超過 $\frac{0.7}{1000} = 0.7mV$ ，二極體就會導通，因此消除了二極體切入電壓之效應。

1. 當 $V_s(t) > 0.7mV$ 時，二極體順偏，則 $V_{o2}(t) = V_s(t)$ 。

2. 當 $V_s(t) \leq 0.7mV$ 時，二極體逆偏，則 $V_{o2}(t) = 0$ ，如圖(b)所示。

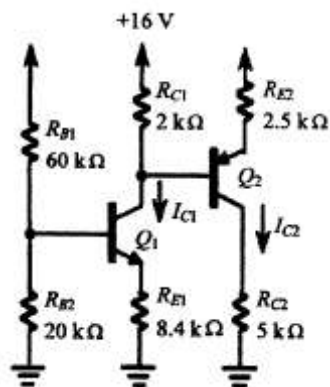


圖(a)



圖(b)

二、圖二電路中電晶體導通時 $|V_{BE}| = 0.7V$ ， Q_1 之直流電流增益 $\beta_1 = 9$ ， Q_2 之 $\beta_2 = 20$ ，求集極直流電流 I_{C1} 與 I_{C2} 。分析時假設電晶體工作區必須驗證。



圖二

【擬答】：

(一) 假設 Q_1 與 Q_2 皆在工作區，先求 Q_1 的集極直流電流 I_{C1} 為

$$I_{C1} = 9 \times \frac{16 \times \frac{20k}{20k+60k} - 0.7}{60k // 20k + (1+9) \times 8.4k} = 0.3mA$$

且

$$\frac{16 - V_{C1} - 0.7}{2k} + \frac{2.5k}{1+20} = 0.3mA \Rightarrow V_{C1} = 15.396V$$

顯然 $V_{E2} = V_{C1} + 0.7 = 16.096V$ 不合理， Q_2 已進入飽和區操作。(二) 若 Q_2 在飽和區：

$$\frac{16 - (V_{C2} + 0.2)}{2.5k} = \frac{V_{C2}}{5k} + \left[0.3mA - \frac{16 - (V_{C2} + 0.2 - 0.7)}{2k} \right] \Rightarrow V_{C2} = 12.973V$$

則

$$I_{C2} = \frac{12.973}{5k} = 2.595mA$$

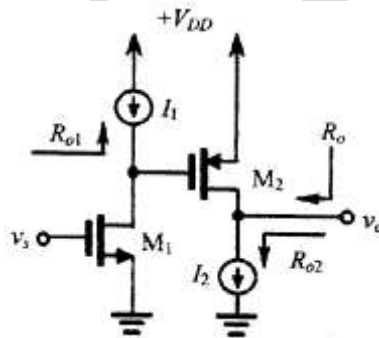
(三) 開始檢驗 Q_1 是否在工作區：

$$V_{C1} = 12.973 + 0.2 - 0.7 = 12.473V$$

$$V_{B1} = 4 - \frac{0.3mA}{9} \times 15k = 3.5V$$

顯然 Q_1 的 C-B 之間為逆偏，假設工作區成立。(四) $I_{C1} = 0.3mA$ ， $I_{C2} = 2.595mA$

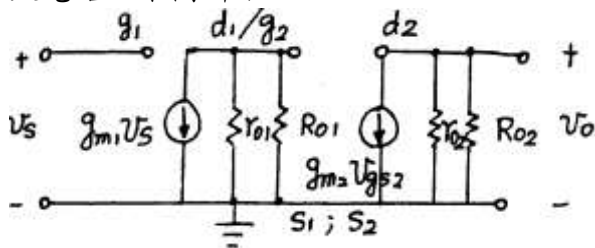
三、圖三 MOSFET 電晶體小信號參數為 g_{mk} 與 r_{ok} ，偏壓電流源 I_k 之輸出電阻為 R_{ok} ， $k=1, 2$ 。畫出小信號等效電路，並推導電壓增益 $A_v = v_o / v_s$ 之數學式。



圖三

【擬答】：

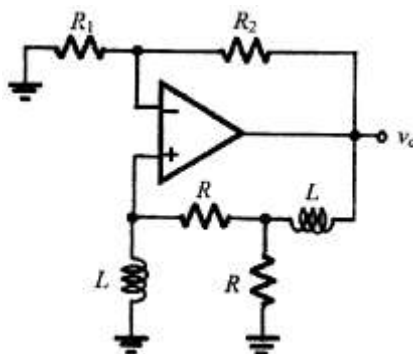
小信號等效電路如下圖所示：



$$A_v = v_o / v_s = - \frac{g_{m2} v_{gs2} \times (R_{o2} // r_{o2})}{v_s} = - \frac{g_{m2} \times [-g_{m1} v_s \times (R_{o1} // r_{o1})] \times (R_{o2} // r_{o2})}{v_s}$$

$$= g_{m1} g_{m2} \times (R_{o1} // r_{o1}) \times (R_{o2} // r_{o2})$$

四、圖四振盪器使用理想運算放大器。推導電路之迴路增益(loop gain)為頻率函數，以所得之結果說明振盪條件、振盪頻率與元件值之關係。



圖四

【擬答】：

(一)回授因素 $\beta = \frac{v_f}{v_o}$ ，則其值表示如下式所示：

$$v_f = v_o \times \frac{R}{R+sL} \times \frac{sL}{R+sL+R//sL} = v_o \times \frac{R}{R+sL} \times \frac{sL}{R+sL+\frac{RLs}{R+sL}}$$

則

$$\beta = \frac{v_f}{v_o} = \frac{R}{R+sL} \times \frac{sL}{R+sL+\frac{RLs}{R+sL}} = \frac{R}{R+sL} \times \frac{sL \times (R+sL)}{(R+sL)^2 + RLs}$$

$$= \frac{RLs}{L^2s^2 + 3RLs + R^2} \stackrel{s=j\omega}{=} \frac{j\omega RL}{(R^2 - L^2\omega^2) + j3\omega RL}$$

電壓增益為

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

故迴路增益(loop gain)為

$$A\beta = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \times \frac{j\omega RL}{(R^2 - L^2\omega^2) + j3\omega RL}$$

(二)為了滿足巴克豪生準則 $A\beta = 1 \angle 0^\circ$ ，則迴路增益(loop gain)先令實部為 0，則

$$R^2 - L^2\omega^2 = 0 \Rightarrow \omega^2 = \left(\frac{R}{L}\right)^2 \Rightarrow f = \frac{R}{2\pi L}$$

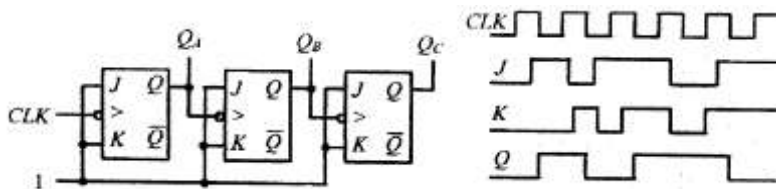
所以

$$A\beta = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \times \frac{1}{3} = 1 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 2，才可振盪。$$

五、圖五(a)為 JK 正反器組成之計數器，圖五(b)為單一個 JK 正反器之時序表，CLK 為頻率 8kHz 對稱之方波時脈(clock)，電路在操作之前， Q_A 、 Q_B 與 Q_C 之波形。

(一)從 $Q_A Q_B Q_C = 000$ 開始，畫出， Q_A 、 Q_B 與 Q_C 之波形。

(二) Q_B 與 Q_C 之頻率為何？



圖五(a)

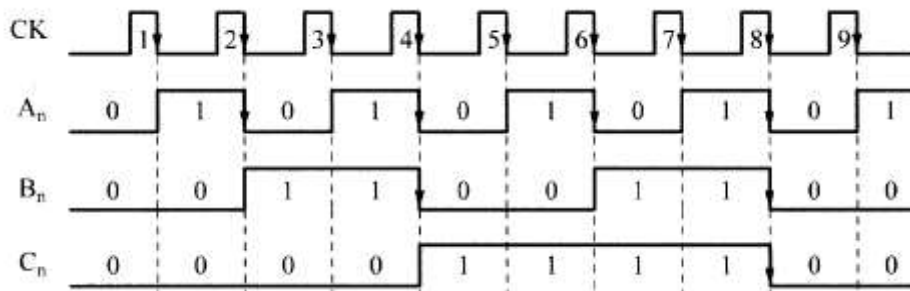
圖五(b)

【擬答】：

從圖五(b)可以看出為負緣觸發器，其真值表如下所示：

輸入		Q_{n+1}	輸出 $\overline{Q_{n+1}}$
J=0	K=0	Q_n	$\overline{Q_n}$
J=0	K=1	0	1
J=1	K=1	$\overline{Q_n}$	Q_n
J=1	K=0	1	0

(一)輸出波形如下所示：



(二) 1 個 FF 為一個除以 2 的除頻器。

$$f_{Q_B} = \frac{8k}{4} = 2kHz$$

$$f_{Q_C} = \frac{8k}{8} = 1kHz$$