

109 年公務人員特種考試警察人員、一般警察人員考試及

109 年特種考試交通事業鐵路人員考試試題

考試別：鐵路人員考試

等 別：高員級考試

類科別：電力工程、電子工程

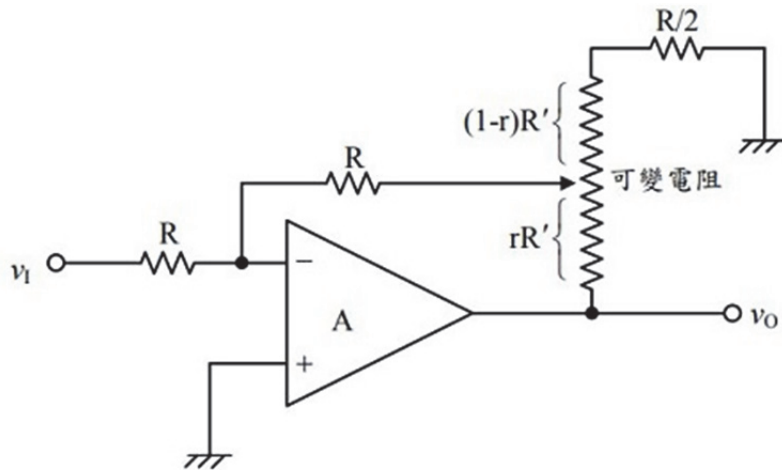
科 目：電子學

一、如下圖所示為一可變增益的 OP 放大器；其中 A 為理想 OPAMP。可變電阻 R' 可藉由調整中間接點的位置使其上半部的電阻為 $(1-r)R'$ 、下半部的電阻為 rR' ； r 為調整的比例，其值介於 0 與 1 之間。

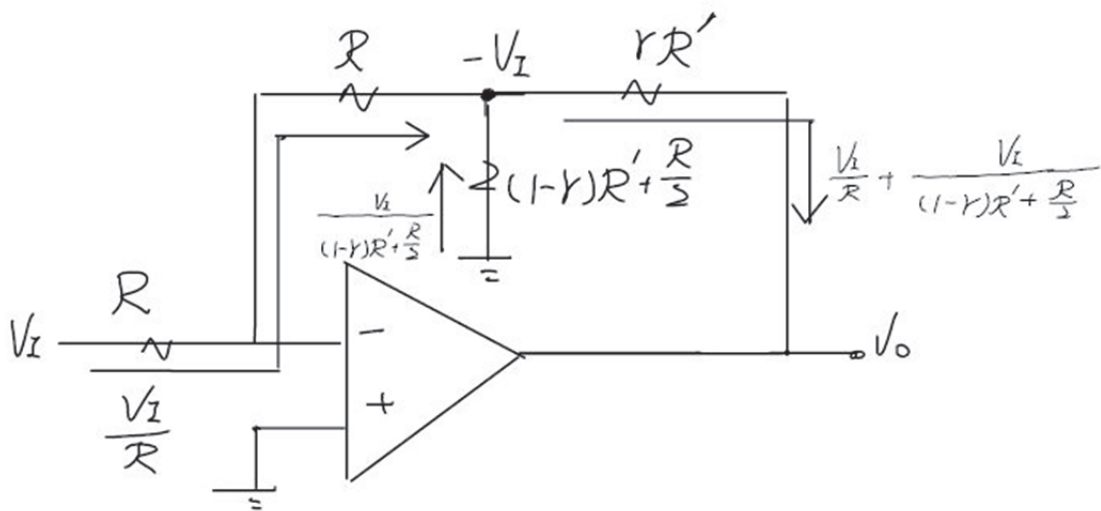
(一)若調整中間接點使 $r=0$ ，求增益 v_0/v_1 。(7 分)

(二)若經由設計使此電路增益 v_0/v_1 可達 -100 的極限值，求 R'/R 之值。(7 分)

(三)接(二)小題，若再調整中間接點使 $r=0.5$ ，此時增益 v_0/v_1 為多少？(6 分)



【擬答】



$$V_0 = -V_1 - \left[\frac{V_1}{R} + \frac{V_1}{(1-r)R' + \frac{R}{2}} \right] \times rR'$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = - \left\{ 1 + \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{(1-r)R' + \frac{R}{2}} \right] \times rR' \right\}$$

(一) $r=0$ 時, $\frac{V_o}{V_i} = -1$

(二) 當 $r=1$ 時, $\frac{V_o}{V_i} = -100$

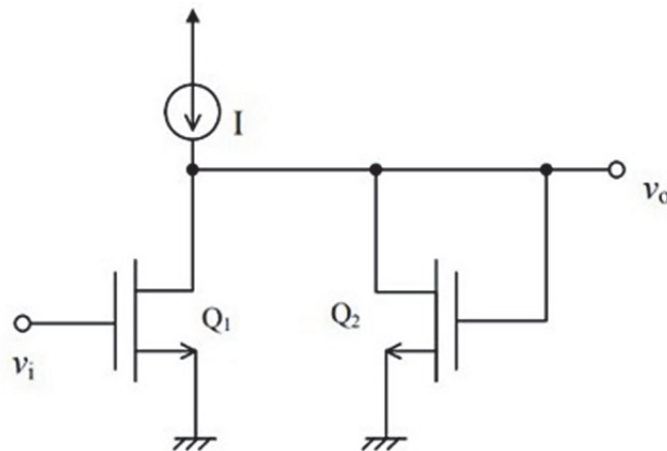
$$\begin{aligned} \frac{V_o}{V_i} &= - \left\{ 1 + \left[\frac{1}{R} + \frac{2}{R} \right] \times R' \right\} \\ &= - \left\{ 1 + \frac{3R'}{R} \right\} = -100 \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{R'}{R} = 33$$

(三)

$$\begin{aligned} \frac{V_o}{V_i} &= - \left\{ 1 + \left[1 + \frac{1}{R} + \frac{1}{(1-0.5)R' + \frac{R}{2}} \right] \times 0.5R' \right\} \\ &= - \left\{ 1 + \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{\frac{R'}{2} + \frac{R}{2}} \right] \times \frac{R'}{2} \right\} \\ &= - \left[1 + \left(\frac{R'}{2R} + \frac{R'}{R'+R} \right) \right] \end{aligned}$$

二、如下圖所示為一使用兩個 MOSFET 所構成的放大器，電晶體的 $\mu_n C_{ox} = 200 \mu A/V^2$ ， $V_t = 0.5V$ ，而 $(W/L)_1 = 18$ ， $(W/L)_2 = 2$ 。 $I = 2 \text{ mA}$ 。若 Q_1 與 Q_2 的 V_{OV} 相等。求 V_{OV} 、 Q_1 與 Q_2 汲極偏壓電流以及輸出端的直流電位。求小信號增益 v_o/v_i 。(20 分)



【擬答】

$$K_1 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)_1 = \frac{1}{2} \times 200 \mu \times 18 = 1.8 \text{ mA/V}^2$$

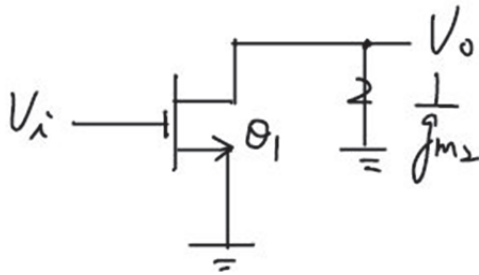
$$K_2 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)_2 = \frac{1}{2} \times 200 \mu \times 2 = 0.2 \text{ mA/V}^2$$

$$I_{D_1} = I \times \frac{K_1}{K_1 + K_2} = 2 \times \frac{1.8}{1.8 + 0.2} = 1.8 \text{ mA}$$

$$I_{D_2} = I \times \frac{K_2}{K_1 + K_2} = 2 \times \frac{0.2}{1.8 + 0.2} = 0.2 \text{ mA}$$

$$I_{D_1} = K_1 \cdot V_{OV}^2 \Rightarrow V_{OV} = \sqrt{\frac{I_{D_1}}{K_1}} = \sqrt{\frac{1.8 \text{ mA}}{1.8 \text{ mA/V}^2}} = 1 \text{ V}$$

$$V_{O(dc)} = V_{GS} = V_{OV} + V_t = 1 + 0.5 = 1.5 \text{ V}$$



$$\frac{V_o}{V_i} = -g_{m_1} \times \frac{1}{g_{m_2}} = -\frac{g_{m_1}}{g_{m_2}} = -\frac{2I_{D_1}}{V_{OV_1}} = -\frac{I_{D_1}}{I_{D_2}} = -\frac{1.8}{0.2} = -9$$

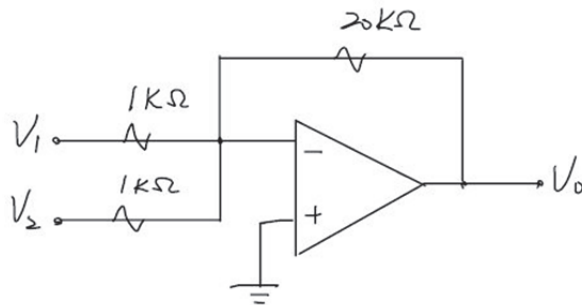
三、考慮一個 OPAMP 其單增益頻率 (unity-gain frequency) 為 $f_t = 10^6 \text{ Hz}$ ，將此放大器接成有兩個輸入 v_1 與 v_2 的反相加法器使其輸出為 $v_o = -20(v_1 + v_2)$ 。

(一) 畫出你設計的電路圖。(10 分)

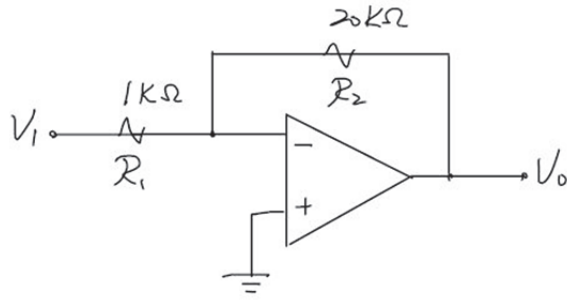
(二) 令 $v_2 = 0$ ，求 v_o/v_1 的 3 dB 截止頻率。(10 分)

【擬答】

(一)



(二)



$$f_H = \frac{f_t}{1 + \frac{R_2}{R_1}} = \frac{10^6}{1 + \frac{20}{1}} = 47.62 \text{kHz}$$

四、一個環形振盪器 (ring oscillator) 由九級反相器 (inverters) 串接而成，其振盪頻率為 20 MHz。

(一) 求反相器的傳導延遲時間 (propagation delay time)。(10 分)

(二) 說明環形振盪器的振盪條件。同時解釋為何反相器的級數必為奇數。(10 分)

【擬答】

$$(一) f = \frac{1}{2Nt_p} \Rightarrow t_p = \frac{1}{2Nf} = \frac{1}{2 \times 9 \times 20M} = 2.78 \text{ns}$$

(二) 以偶數級串接將形成時，CMOS 電晶體將工作於截止區或深度歐姆區產生零迴路增益違反巴克豪森準則

五、一個 CMOS 邏輯電路，操作的 $V_{DD} = 2.5 \text{V}$ ，靜態功率消耗接近零。為了降低動態功率消耗，降低 V_{DD} 至 1.8V 。假若電路充放負載電容的電流與 V_{DD} 成正比。

(一) 最高操作頻率會如何改變？(10 分)

(二) 邏輯電路的延遲與功率乘積 (delay-power product) 又會如何改變？(10 分)

【擬答】

(一)

$$\because V_{DD} \text{ 下降 } \frac{1.8}{2.5} = 0.72 \text{ 倍}$$

$$I_{av} \text{ 亦下降 } 0.72 \text{ 倍}$$

又 t_d 與 V_{DD} 成正比與 I_{av} 成反比

$$\therefore t_p \text{ 維持不變}$$

而 f 與 $\frac{1}{t_p}$ 成正比，故 f 不變

(二)

$$\because PDP = \frac{1}{2} CV_{DD}^2$$

$$\therefore PDP \text{ 下降 } 0.72^2 = 0.5184 \text{ 倍}$$