

類組：電機類 科目：電子學(3001)

共 9 頁 第 1 頁

※請在答案卷內作答

考生請注意：

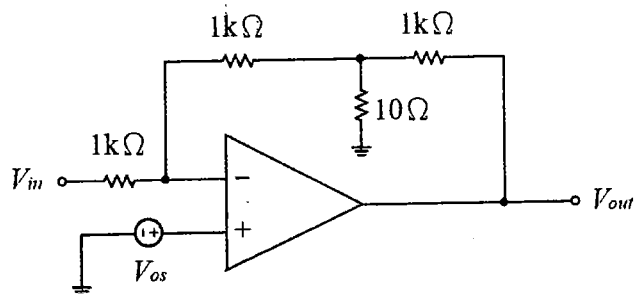
- 本試卷共有 20 題考題。每題 5 分，無部分給分。
- 你的答案必須如下圖所示由上而下依序寫在答案卷的作答區的第一頁。
- 只要填寫考題所要求的答案，請勿附加計算過程。
- 所有的答案必須標示單位，如 mA、V、mW、rad/sec、Hz、kΩ 等。
- 增益之單位與正負號務必標示正確。
- 答案的數值如果需要四捨五入，除非特別註明，請取 3 位有效數字。例如 $A_v = 15.8$ 、 $R = 4.86 \text{ k}\Omega$ 、 $I = 12.4 \text{ mA}$ 、 $\omega_1 = 3.58 \times 10^6 \text{ rad/sec}$ 。
- 常用的工程符號定義： $G = 10^9$ 、 $M = 10^6$ 、 $k = 10^3$ 、 $m = 10^{-3}$ 、 μ (or u) = 10^{-6} 、 $n = 10^{-9}$ 、 $p = 10^{-12}$ 、 $f = 10^{-15}$ 。

從此處開始寫起
1. (a), (b)
2. (c), (d)
3. $V_o = 3.78 \text{ V}$
4. $A_v = 13.6 \text{ V/V}$
、 、 、

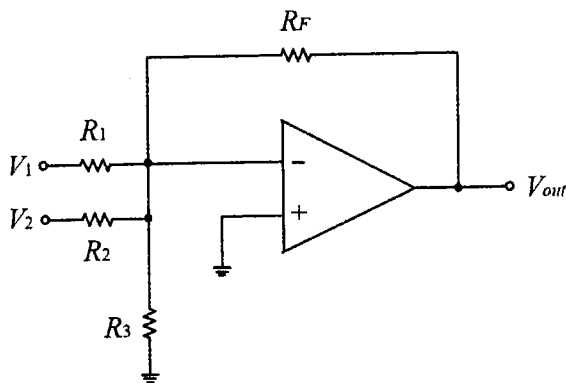
注意：背面有試題

※請在答案卷內作答

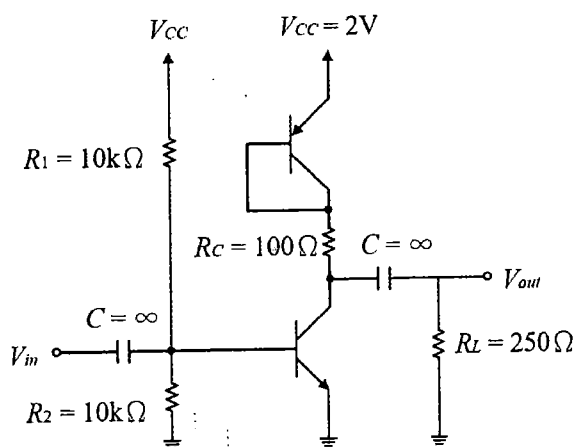
1. 下圖電路中，若運算放大器輸入端有偏移電壓(offset) $V_{OS} = 5 \text{ mV}$ ，求輸出偏移電壓(output offset voltage)。



2. 下圖電路中，假設運算放大器為理想。已知 $V_1 = 1 \text{ V}$ 、 $V_2 = 2 \text{ V}$ 、 $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ 、 $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$ 、 $R_3 = 30 \text{ k}\Omega$ 、 $R_F = 10 \text{ k}\Omega$ 。請計算輸出電壓 V_{out} 。



3. 下圖電路中，假設 $V_{CC} = 2 \text{ V}$ 、 $V_T = 0.025 \text{ V}$ 、 $\beta_{pnp} = 50$ 、 $\beta_{npn} = 100$ ，兩個電晶體有相同 transconductance $g_{mp} = g_{mn} = 0.02 \text{ }\Omega^{-1}$ 。不考慮 Early Effect。請計算電路小訊號增益 V_{out}/V_{in} 。答案需包含正負號。

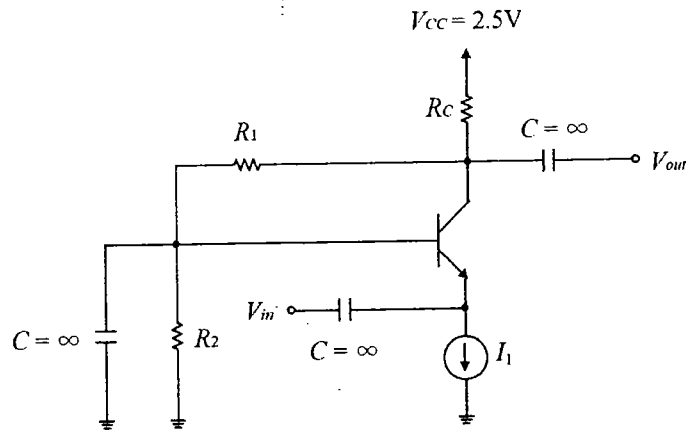


4. 如果熱電壓(V_T)為 25 mV ，某 npn 電晶體在集極電流 $i_C = 1 \text{ A}$ 時，順向導通電壓(forward-on voltage) $v_{BE} = 0.7 \text{ V}$ 。請問當 $i_C = 200 \text{ mA}$ 時， v_{BE} 會變為多少？

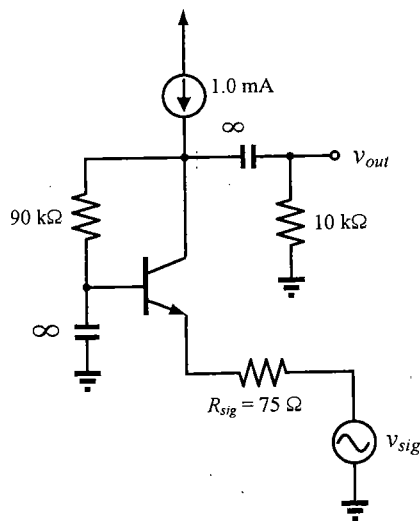
注意：背面有試題

※請在答案卷內作答

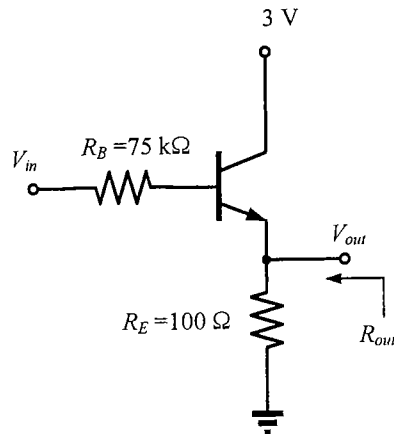
5. 下圖電路中，假設電晶體操作於主動區(forward active mode)，不考慮 Early Effect，假設 R_1 為 $40\text{ k}\Omega$ 、 R_2 為 $10\text{ k}\Omega$ 、 R_C 為 $10\text{ k}\Omega$ 。請計算電路輸出阻抗為多少 $\text{k}\Omega$ 。



6. 假設熱電壓(V_T)為 25 mV 且電流增益 β 為 99 ，忽略 Early Effect，求下圖電路之電壓增益 V_{out}/V_{sig} 。



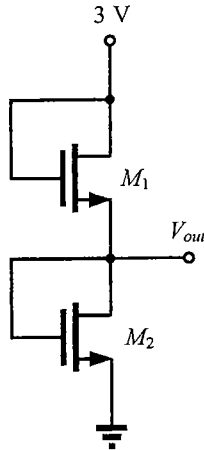
7. 假設熱電壓(V_T)為 25 mV 且電流增益 β 為 99 ，下圖電路之順向導通電壓(forward-on voltage) $v_{BE} = 0.7\text{ V}$ ，忽略 Early Effect，求 $V_{in} = 1.6\text{ V}$ 時之輸出阻抗 (output resistance) R_{out} 。



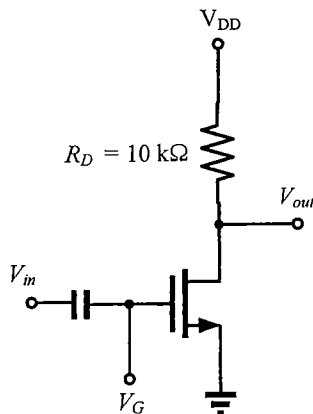
注意：背面有試題

※請在答案卷內作答

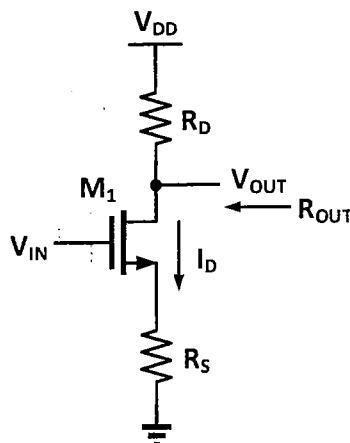
8. 下圖電路中 $\mu_n C_{ox} = 20 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $|V_t| = 1 \text{ V}$, 不考慮通道長度調變(channel-length modulation)與基體效應(body effect)。 M_1 之 $L_1 = 10 \mu\text{m}$ 及 $W_1 = 20 \mu\text{m}$, M_2 之 $L_2 = 10 \mu\text{m}$ 及 $W_2 = 80 \mu\text{m}$, 請問輸出電壓 V_{out} 是多少?



9. 下圖所示電路中, $R_D = 10 \text{ k}\Omega$, $\mu_n C_{ox} = 50 \mu\text{A}/\text{V}^2$, 不考慮通道長度調變(channel-length modulation)與基體效應(body effect)。如果直流偏壓 V_G 使得 R_D 之兩端點間直流電壓差 $V_{RD} = 1 \text{ V}$, 且交流小信號電壓增益 $A_v = -10 \text{ V}/\text{V}$, 請問 N-MOSFET 之 W/L 值為多少?



10. 下圖電路中電晶體 M_1 皆操作在飽和區且參數如下: $g_{mb} = 0.2g_m$, $r_o = 50 \text{ k}\Omega$, $g_m = 2 \text{ mA}/\text{V}$, $R_S = R_D = 100 \text{ k}\Omega$, 請求取小訊號增益 v_{out}/v_{in} 值。(需標示正確正負號)



注意:背面有試題

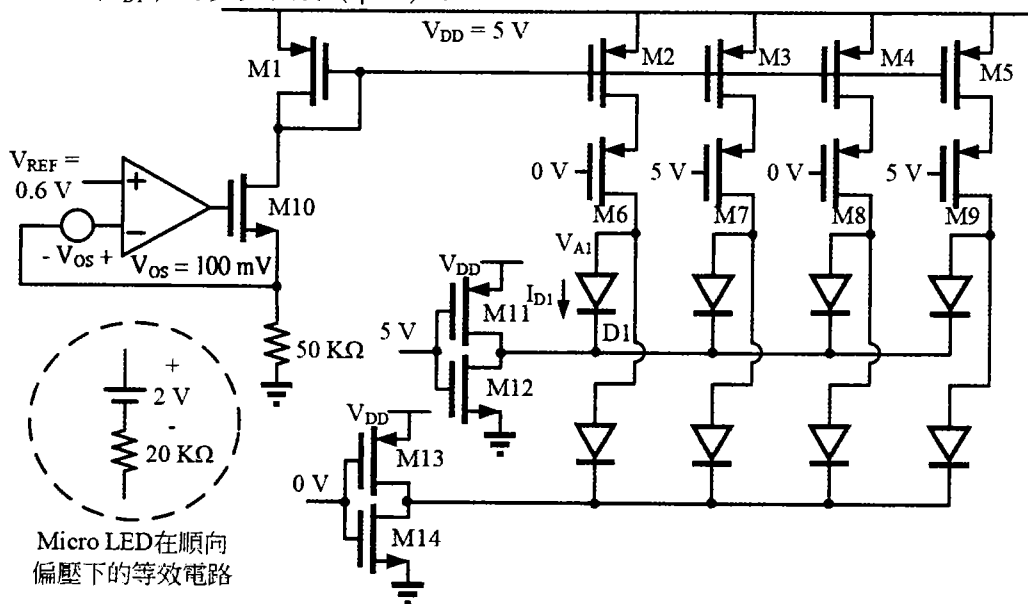
※請在答案卷內作答

11. 下圖為一個 2x4 micro LED 顯示器及其驅動電路，電壓源 V_{DD} 為 5 V，運算放大器除了有一個 100 mV 的偏差電壓，其他特性和理想運算放大器的特性一樣；每一個電晶體的 aspect ratio 標示在表 (一) 中，電晶體的特性為： $V_{in} = V_{tp} = 1$ V， $\mu_n C_{ox} = 2 \mu_p C_{ox} = 20 \mu\text{A}/\text{V}^2$ ，micro LED 在順向偏壓的等效電路如圖中所示；NMOS 及 PMOS 電晶體操作在 triode region 的電流方程式分別如下：

NMOS 電流： $i_{Dn} = \mu_n C_{ox} (W/L) (v_{GS} - V_{in}) v_{DS}$

PMOS 電流： $i_{Dp} = \mu_p C_{ox} (W/L) (v_{SG} - V_{tp}) v_{SD}$

忽略電晶體通道長度效應 (channel length modulation)，請算出流過編號為 D1 的 micro LED 的電流 (I_{D1}) 是多少微安 (μA)？



Micro LED在順向偏壓下的等效電路

表 (一)

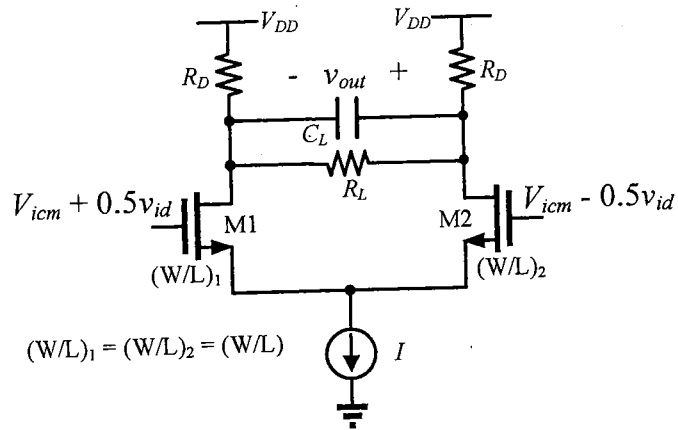
Transistor	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
W/L ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	10/2	20/2	20/2	20/2	20/2	1/0.18	1/0.18
Transistor	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
W/L ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	1/0.18	1/0.18	5/1	1.8/0.18	0.9/0.18	1.8/0.18	0.9/0.18

12. 接續上一題，求出編號為 D1 的 micro LED 的陽極 (Anode) 電壓 (V_{A1}) 是多少？

注意：背面有試題

※請在答案卷內作答

13. 下圖為一個差動放大器， V_{icm} 及 v_{id} 分別為共模輸入電壓 (common-mode input voltage) 及差動輸入電壓 (differential input voltage)， v_{od} 為差動輸出電壓 (differential output voltage)，電晶體 M1 和 M2 有相同的通道寬度和長度，電晶體通道遷移率 (electron mobility in the channel) 的符號為 μ_n ，電晶體的單位閘極面積的電容 (capacitance per unit gate area) 符號為 C_{ox} ，電流源 I 的輸出阻抗無限大；忽略通道長度效應 (channel length modulation)，請求出差動電壓增益 differential voltage gain ($A_d = v_{out}/v_{id}$) 並選擇下列那一個答案最正確。

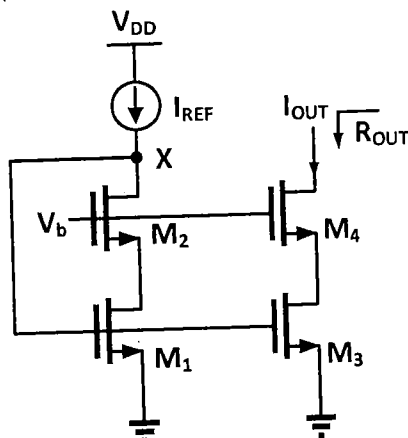


- (A) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) I} \left(R_D \parallel \frac{R_L}{2} \parallel \frac{1}{2sC_L} \right)$
- (B) $\sqrt{2\mu_n C_{ox} (W/L) I} \left(R_D \parallel \frac{R_L}{2} \parallel \frac{1}{2sC_L} \right)$
- (C) $\sqrt{2\mu_n C_{ox} (W/L) I} \left(R_D \parallel \frac{R_L}{2} \parallel \frac{2}{sC_L} \right)$
- (D) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) I} \left(R_D \parallel \frac{R_L}{2} \parallel \frac{2}{sC_L} \right)$
- (E) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) (I/2)} \left(R_D \parallel \frac{R_L}{2} \parallel \frac{1}{2sC_L} \right)$
- (F) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) (I/2)} \left(R_D \parallel \frac{R_L}{2} \parallel \frac{2}{sC_L} \right)$
- (G) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) (I/2)} \left(R_D \parallel 2R_L \parallel \frac{2}{sC_L} \right)$
- (H) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) (I/2)} \left(R_D \parallel 2R_L \parallel \frac{1}{2sC_L} \right)$
- (I) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) I} \left(R_D \parallel 2R_L \parallel \frac{1}{2sC_L} \right)$
- (J) $\sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) I} \left(R_D \parallel 2R_L \parallel \frac{2}{sC_L} \right)$

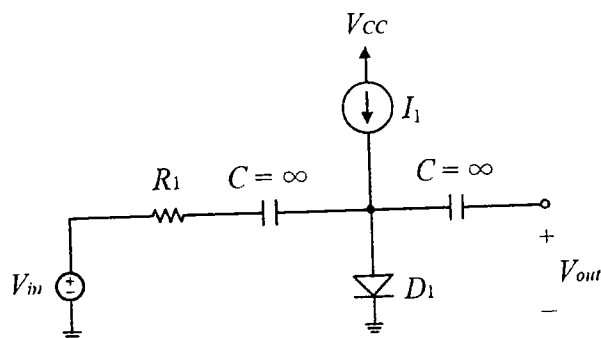
注意：背面有試題

※請在答案卷內作答

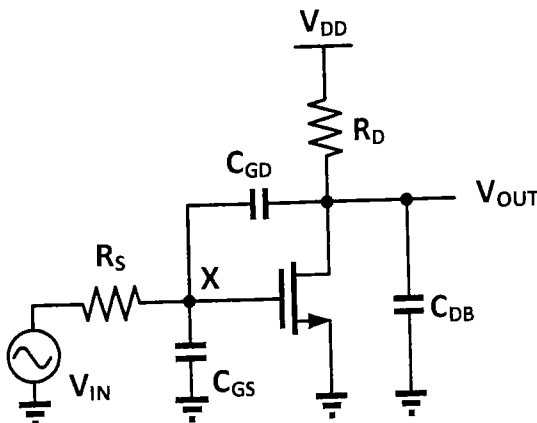
14. 下圖電路中所有電晶體操作於飽和區，且操作參數如下： $V_{GS} - V_{TH} = 200 \text{ mV}$ 、 $|V_{TH}| = 0.5 \text{ V}$ 、 $g_m = 1 \text{ mA/V}$ 、 $r_o = 20 \text{ k}\Omega$ ， V_{TH} 為電晶體臨界電壓(threshold voltage)。在輸出點電壓 (V_{out}) = 0.5 V 時，請求取圖中標示之輸出阻抗 R_{OUT} 值。



15. 下圖電路中， I_1 為理想電流源， V_{in} 為正弦(sinusoidal)訊號。假設 V_{in} 振幅為 5 mV 、 $I_1 = 1 \text{ mA}$ 、 $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ，二極體電壓與電流關係為 $i_D = I_s \left(e^{\frac{v_D}{nV_T}} - 1 \right)$ ， i_D 與 v_D 分別為二極體電流與電壓，假設 $V_T = 25 \text{ mV}$ ， $n = 2$ 。用二極體(diode)小訊號模型，請計算輸出電壓振幅 V_{out} 為多少伏特。



16. 下圖電路中電晶體皆操作在飽和區且參數如下： $g_m = 1 \text{ mA/V}$ 、 $r_o = 80 \text{ k}\Omega$ 、 $C_{GD} = C_{GS} = 10 \text{ fF}$ 、 $C_{DB} = C_{SB} = 20 \text{ fF}$ 、 $R_S = 10 \text{ k}\Omega$ 、 $R_D = 40 \text{ k}\Omega$ ，請使用米勒定理(Miller effect)求取輸入極點的值。



注意：背面有試題

※請在答案卷內作答

17. 下圖為一個多級差動放大器，忽略電晶體通道長度效應 (channel length modulation)，每一個電晶體的 aspect ratio 標示在表 (二) 中，為了設計一個沒有系統偏差 (systematic offset) 的差動放大器，請求出電晶體 M13 的通道寬度 (channel width) 是多少 μm 。

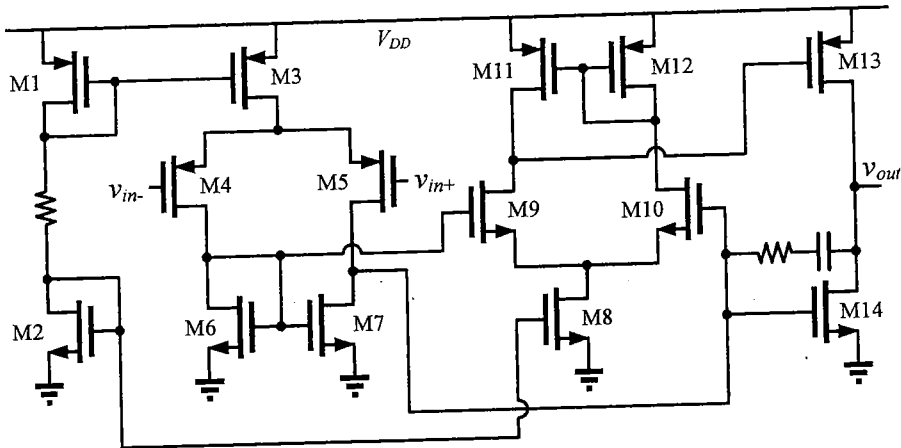


表 (二)

Transistor	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
W/L ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	40/2	40/2	160/2	120/2	120/2	20/2	20/2
Transistor	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
W/L ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	80/2	40/2	20/2	20/2	20/2	?/1	40/1

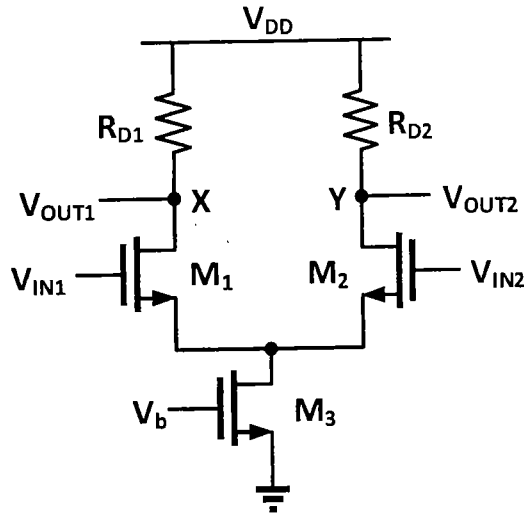
18. 接續上一題，請求出此多級差動放大器的差動電壓增益 differential voltage gain ($A_d = v_{out}/(v_{in+} - v_{in-})$) 並選擇下列那一個答案最正確。其中 g_{mi} 及 r_{oi} 代表電晶體 M_i 的 transconductance 及 output resistance。

- (A) $g_{m5}g_{m9}g_{m13}(r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11})(r_{o13} // r_{o14})$
- (B) $g_{m5}g_{m9}g_{m14}(r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11})(r_{o13} // r_{o14})$
- (C) $g_{m5}g_{m9}(g_{m13} + g_{m14})(r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11})(r_{o13} // r_{o14})$
- (D) $g_{m5}g_{m9} \frac{g_{m13} + g_{m14}}{2} (r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11})(r_{o13} // r_{o14})$
- (E) $g_{m5}(r_{o5} // r_{o7})(r_{o13} // r_{o14}) [g_{m14} + g_{m9}g_{m13}(r_{o9} // r_{o11})]$
- (F) $g_{m5}g_{m9}(r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11}) [g_{m14} + g_{m13}(r_{o13} // r_{o14})]$
- (G) $\frac{g_{m5}g_{m9}}{2}(r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11}) [g_{m14} + g_{m13}(r_{o13} // r_{o14})]$
- (H) $g_{m5}(r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11}) [g_{m14} + g_{m9}g_{m13}(r_{o13} // r_{o14})]$
- (I) $g_{m5}(r_{o5} // r_{o7})(r_{o9} // r_{o11}) \left[g_{m14} + \frac{g_{m9}g_{m13}}{2}(r_{o13} // r_{o14}) \right]$

注意：背面有試題

※請在答案卷內作答

19. 下圖電路中電晶體皆操作在飽和區且參數如下： $|V_{GS} - V_{TH}| = 200 \text{ mV}$ 、 $|V_{TH}| = 0.7 \text{ V}$ 、 $I_D(M_3) = 10 \text{ uA}$ 、 $R_{D1} = R_{D2} = 100 \text{ k}\Omega$ 、 $V_{DD} = 1.8 \text{ V}$ 、 V_{TH} 為電晶體臨界電壓(threshold voltage)。請求取最大共模輸入電壓範圍(input common-mode range)。



20. 下圖電路中，二極體有電流順向導通時，兩端點電壓壓降($V_{D,on}$)為 1 V 且內阻為零。假設 $V_{in} = 5 \text{ V}$ ，求流經 R_1 之電流(I_X)。

