

科目：電子學(3001)

校系所組：中央大學電機工程學系（電子組、系統與生醫組）

交通大學電子研究所（甲組、乙 A 組、乙 B 組）

交通大學電控工程研究所（甲組、乙組）

交通大學電信工程研究所（乙組）

交通大學生醫工程研究所（乙組）

清華大學電機工程學系（甲組、乙組、丙組、丁組）

清華大學光電工程研究所

清華大學電子工程研究所

清華大學工程與系統科學系（丁組）

陽明大學生物醫學工程學系（醫學電子組）

參
考
用

考生請注意：

- 本試卷共有 20 題考題。每題 5 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。
- 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。如 $A_v = 15.8$,
 $R = 4.86 \text{ k}\Omega$, $I_o = 12.4 \text{ mA}$, $\omega_1 = 3.58 \times 10^6 \text{ rad/sec}$ 。
- 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. $A_v = 13.6$
...

注：背面有試題

科目：電子學(3001)

校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)

交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)

交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)

交通大學電信工程研究所(乙組)

交通大學生醫工程研究所(乙組)

清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)

清華大學光電工程研究所

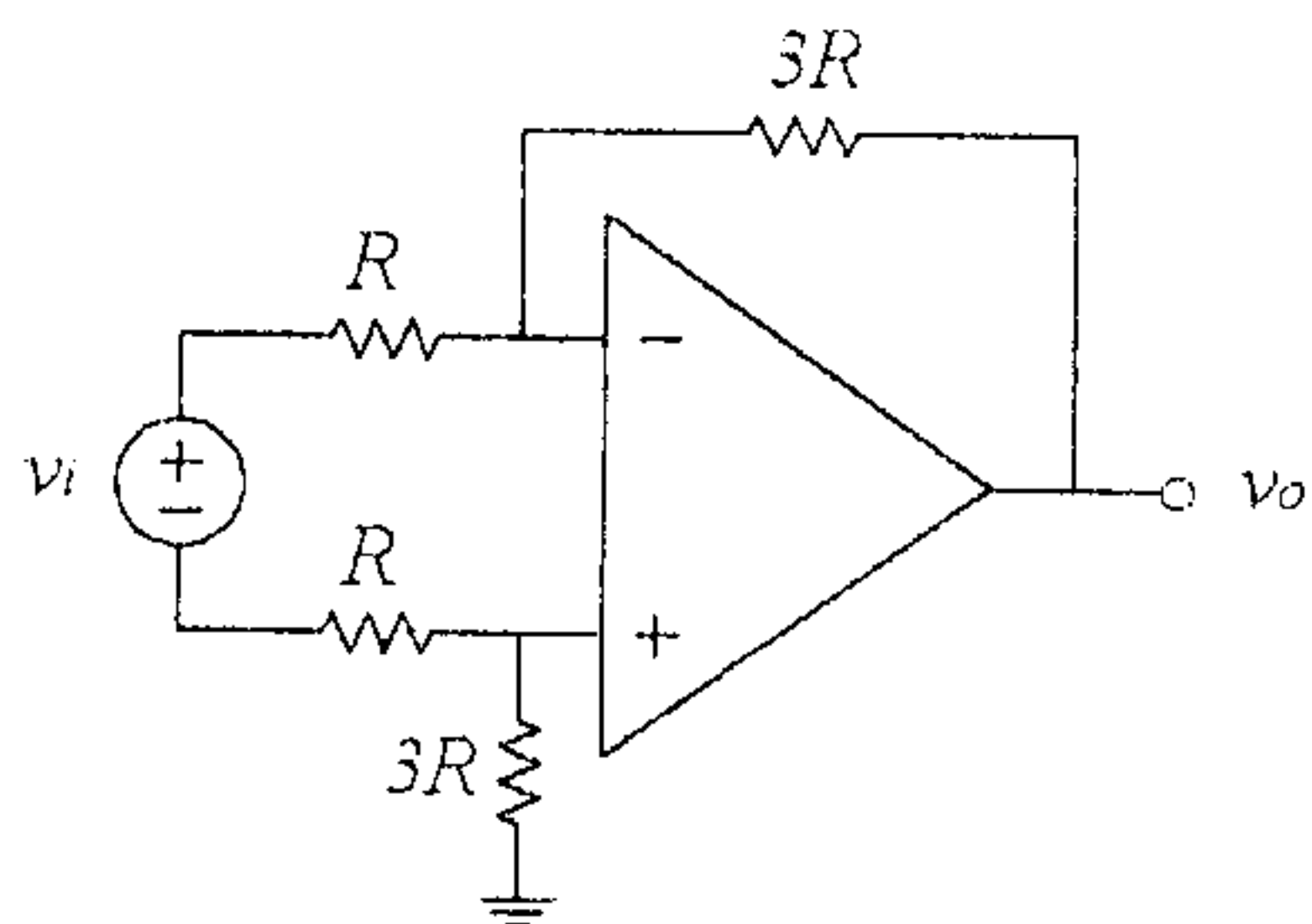
清華大學電子工程研究所

清華大學工程與系統科學系(丁組)

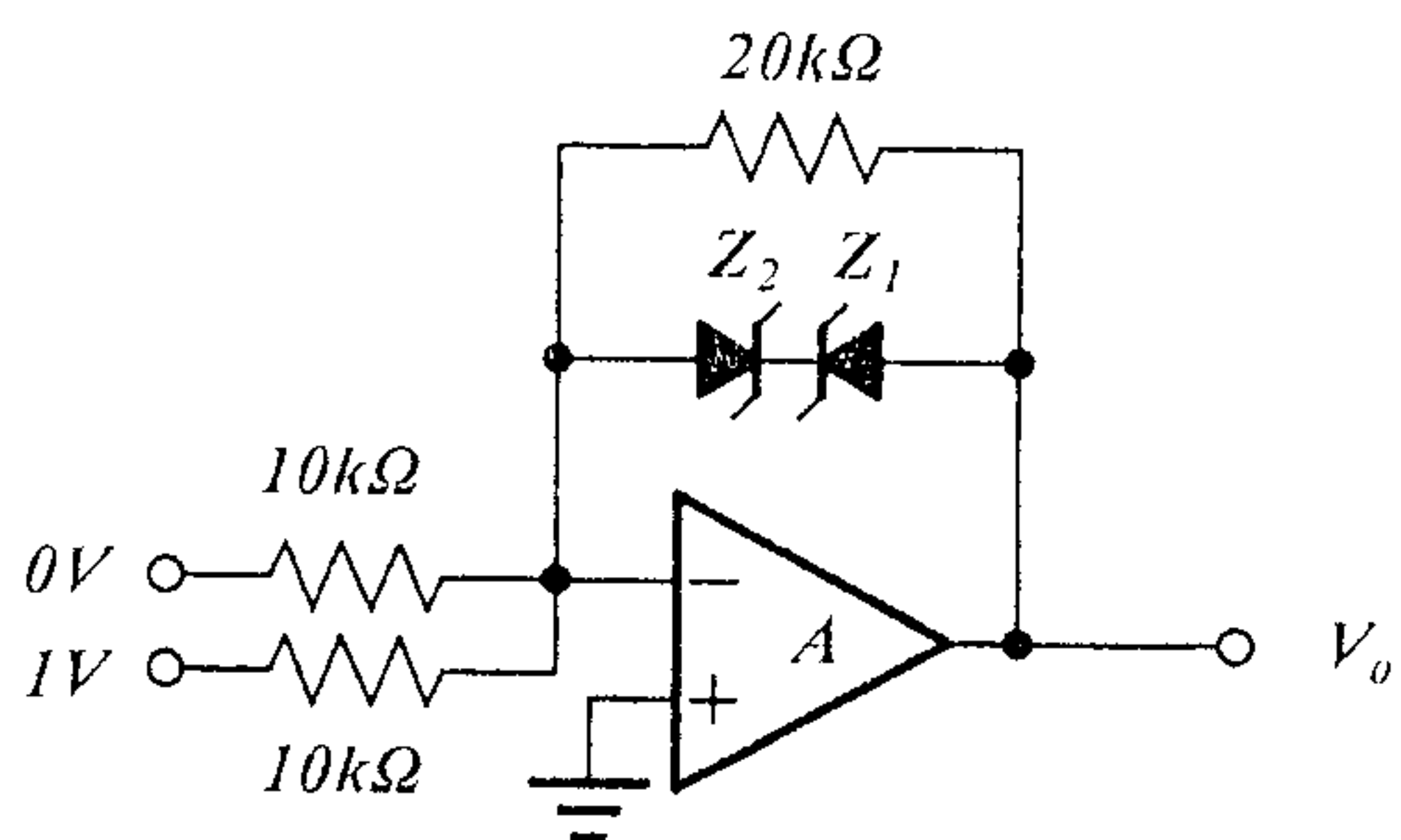
陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

參考用

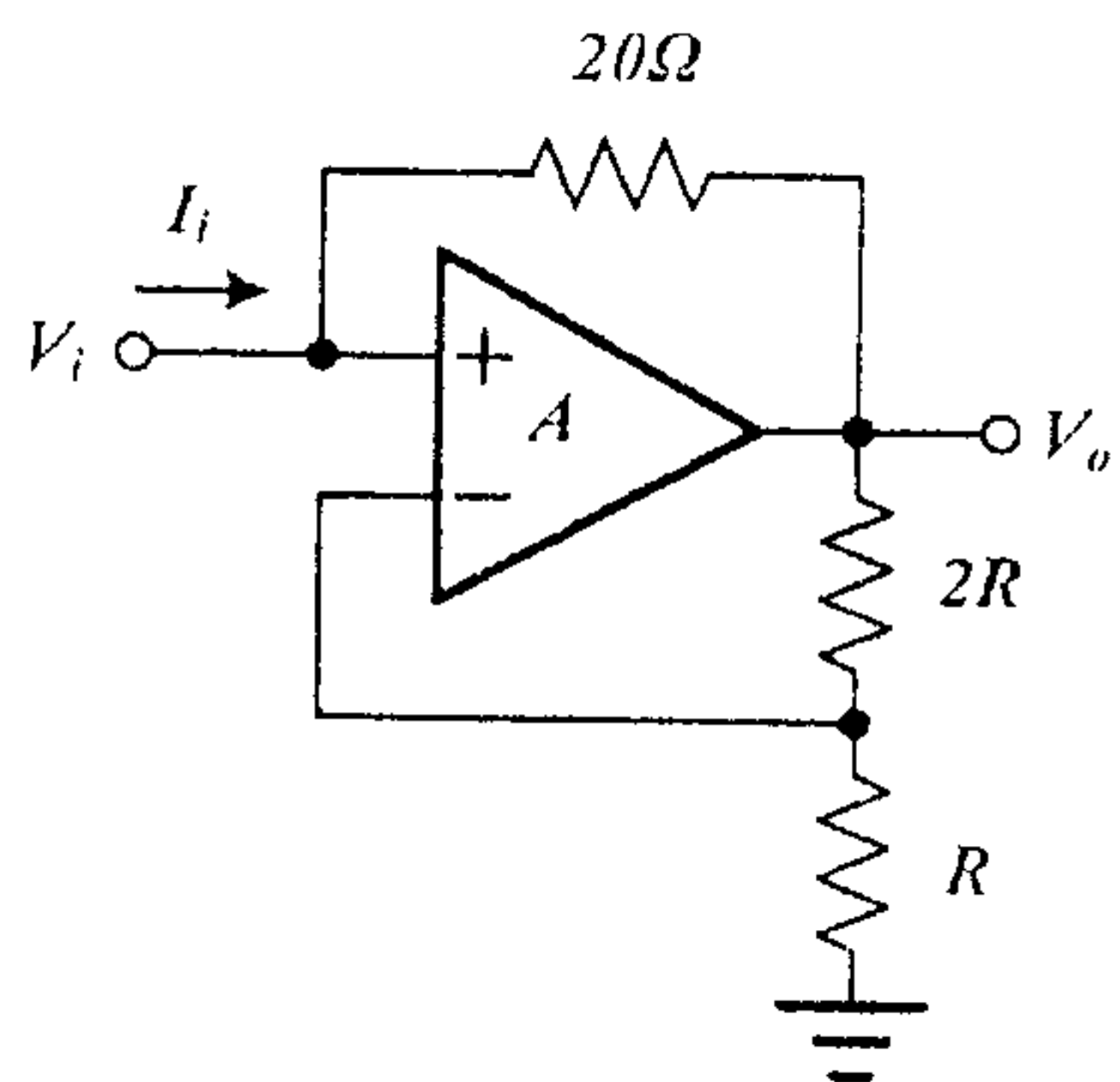
1. 分析下圖之電路。假設運算放大器為理想，試求電壓增益 v_o/v_i (單位: V/V)。(請標示正負號)



2. 分析下圖之電路。假設 A 為理想之運算放大器， Z_1 及 Z_2 為理想之基納(Zener)二極體，其順向導通電壓皆為 0.7 V，而其逆向導通電壓分別為 $V_{Z1} = 3.6$ V， $V_{Z2} = 5.1$ V，試求輸出電壓 V_o 。(單位: V)



3. 分析下圖之電路。假設 A 為理想之運算放大器，試求輸入阻抗 V_i/I_i 。



注意：背面有試題

科目：電子學(3001)

校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)

交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)

交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)

交通大學電信工程研究所(乙組)

交通大學生醫工程研究所(乙組)

清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)

清華大學光電工程研究所

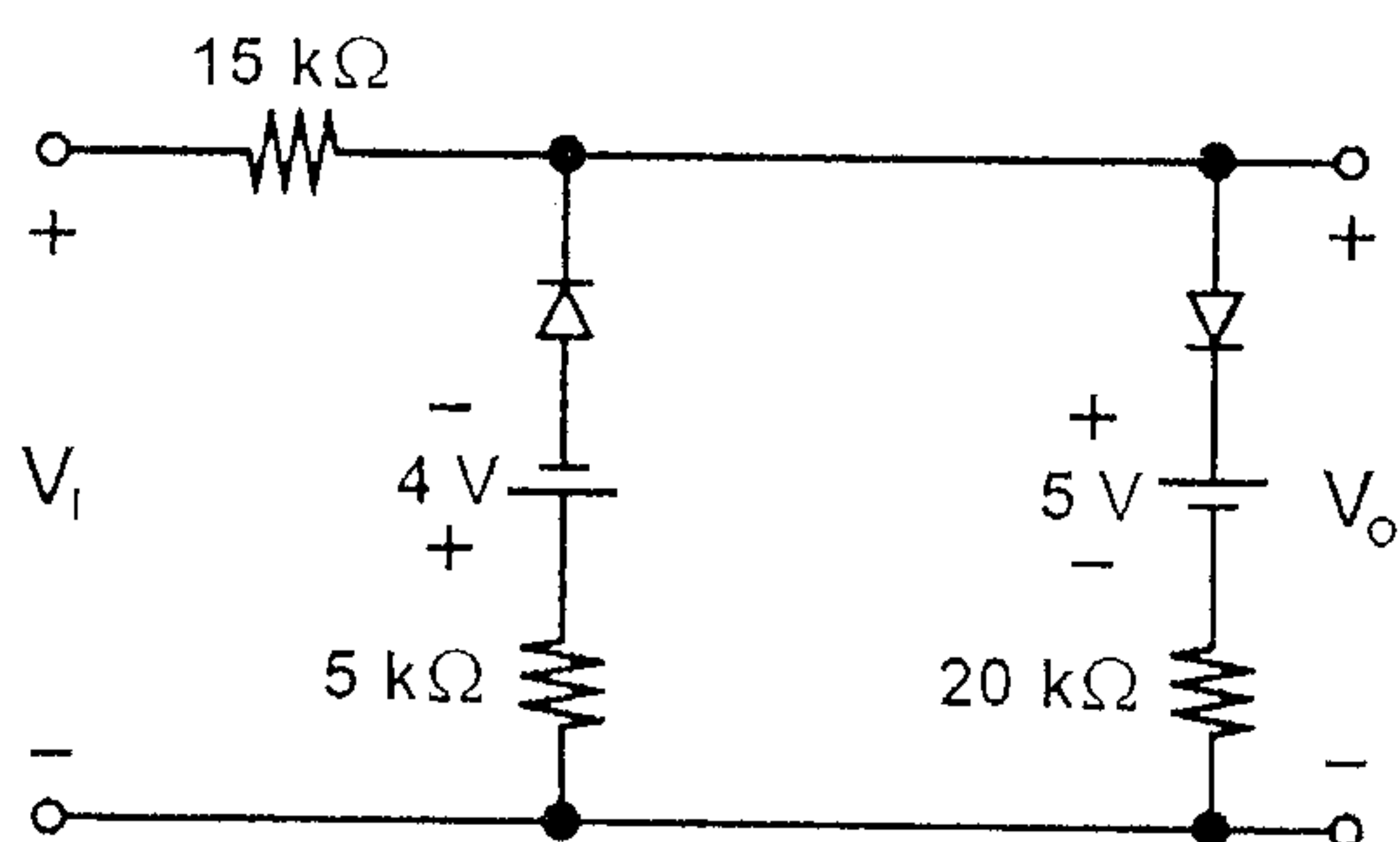
清華大學電子工程研究所

清華大學工程與系統科學系(丁組)

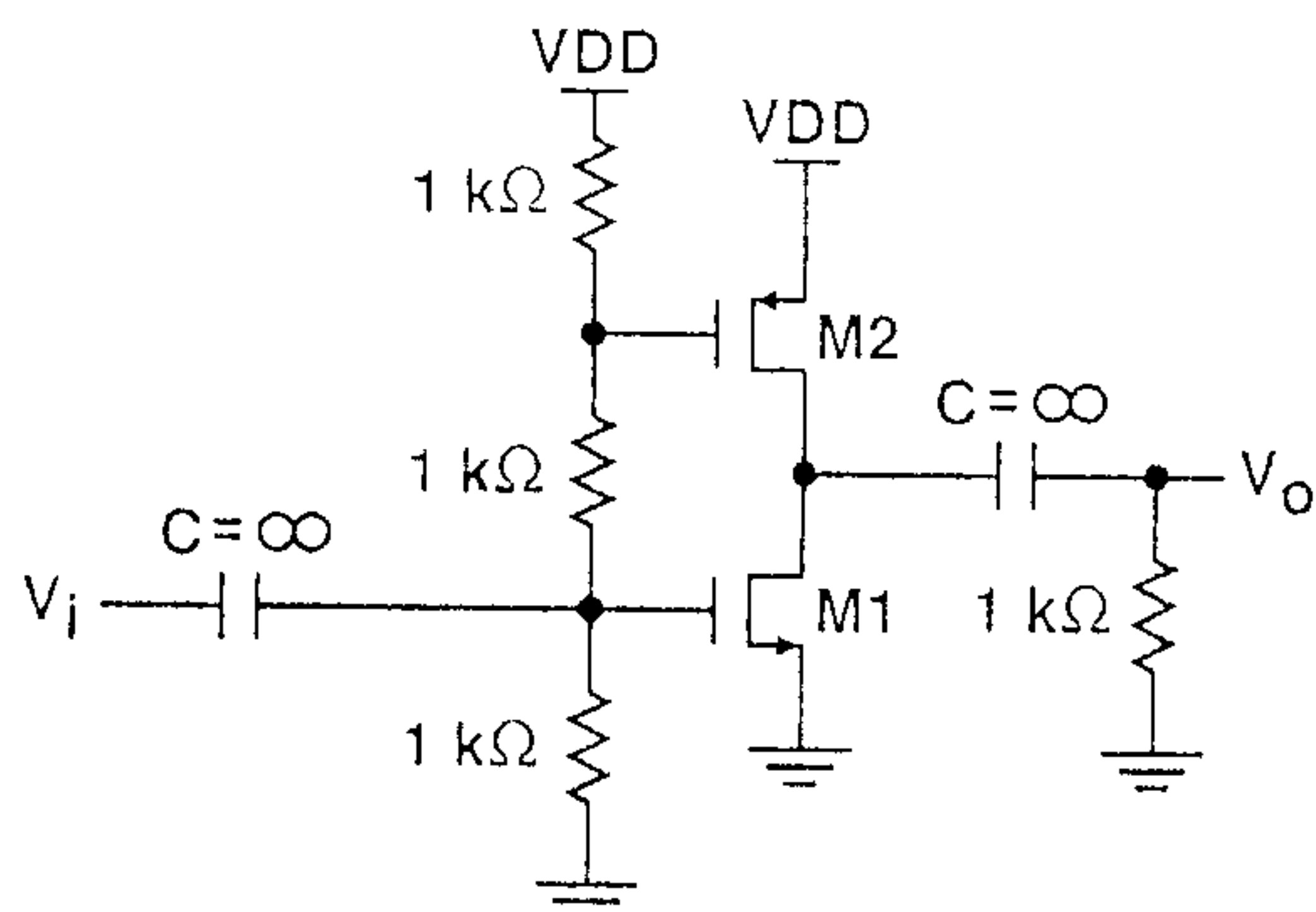
陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

參考用

4. 一 P 型矽半導體，其摻雜濃度為 $N_A = 2.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ，其電洞遷移率(Hole Mobility)為 $\mu_p = 400 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ ， $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$ ，試求此材料之電阻率(Resistivity)。(單位： $\Omega \cdot \text{cm}$ ，請取 3 位有效數字)
5. 分析下圖之電路。假設所有二極體為理想，當輸入電壓為 $-4 \text{ V} < V_i < 5 \text{ V}$ 時，試求輸出電壓 V_o 對輸入電壓 V_i 的關係方程式。



6. 分析下圖之電路。假設所有 MOSFETs 皆操作於飽和區且其 $g_{m1} = g_{m2} = 10 \text{ mA/V}$ 。忽略通道調變效應(Channel Length Modulation Effect)與基底效應(Body Effect)。試求小訊號電壓增益 V_o / V_i (單位： V/V)。(請標示正負號)



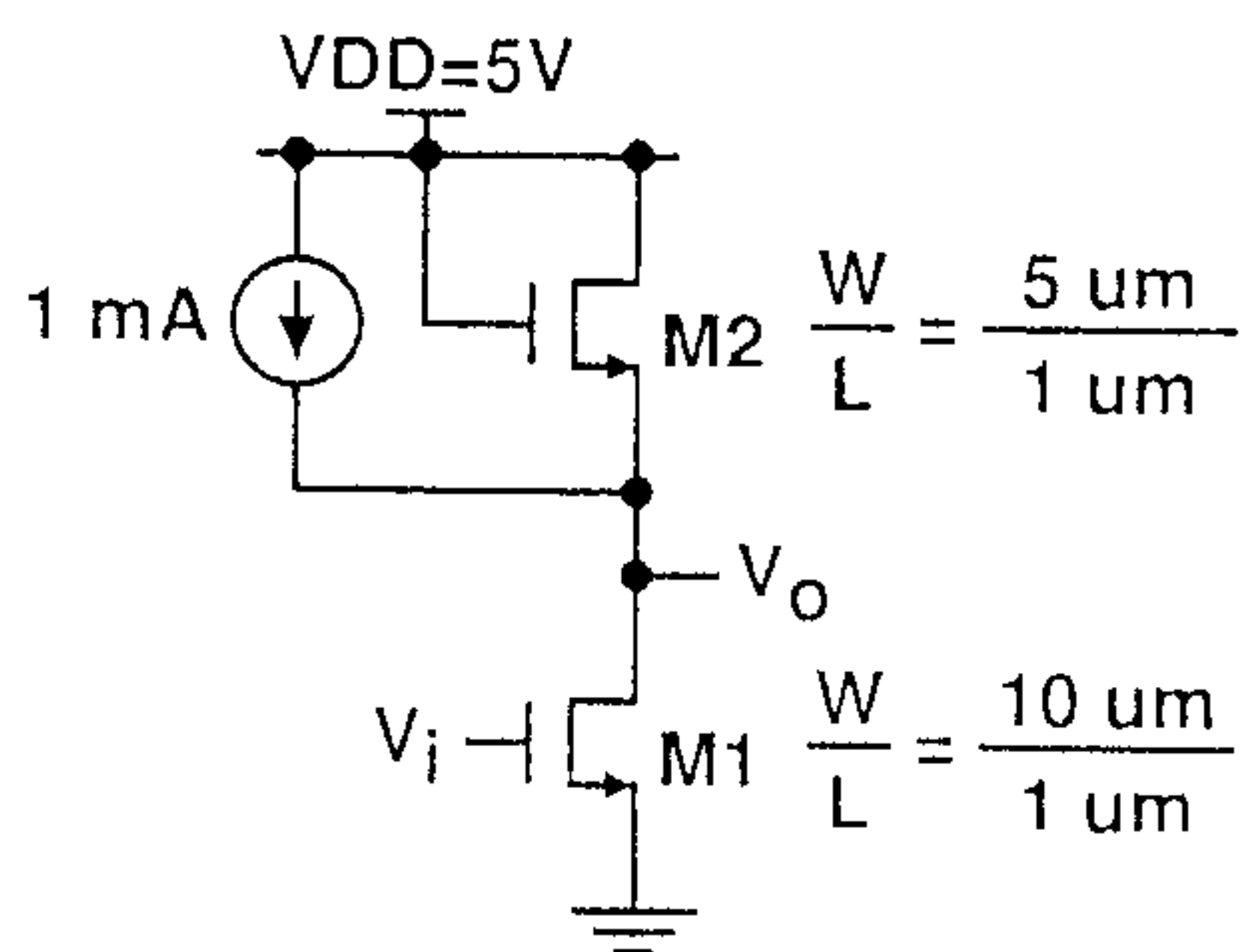
注意：背面有試題

科目：電子學(3001)

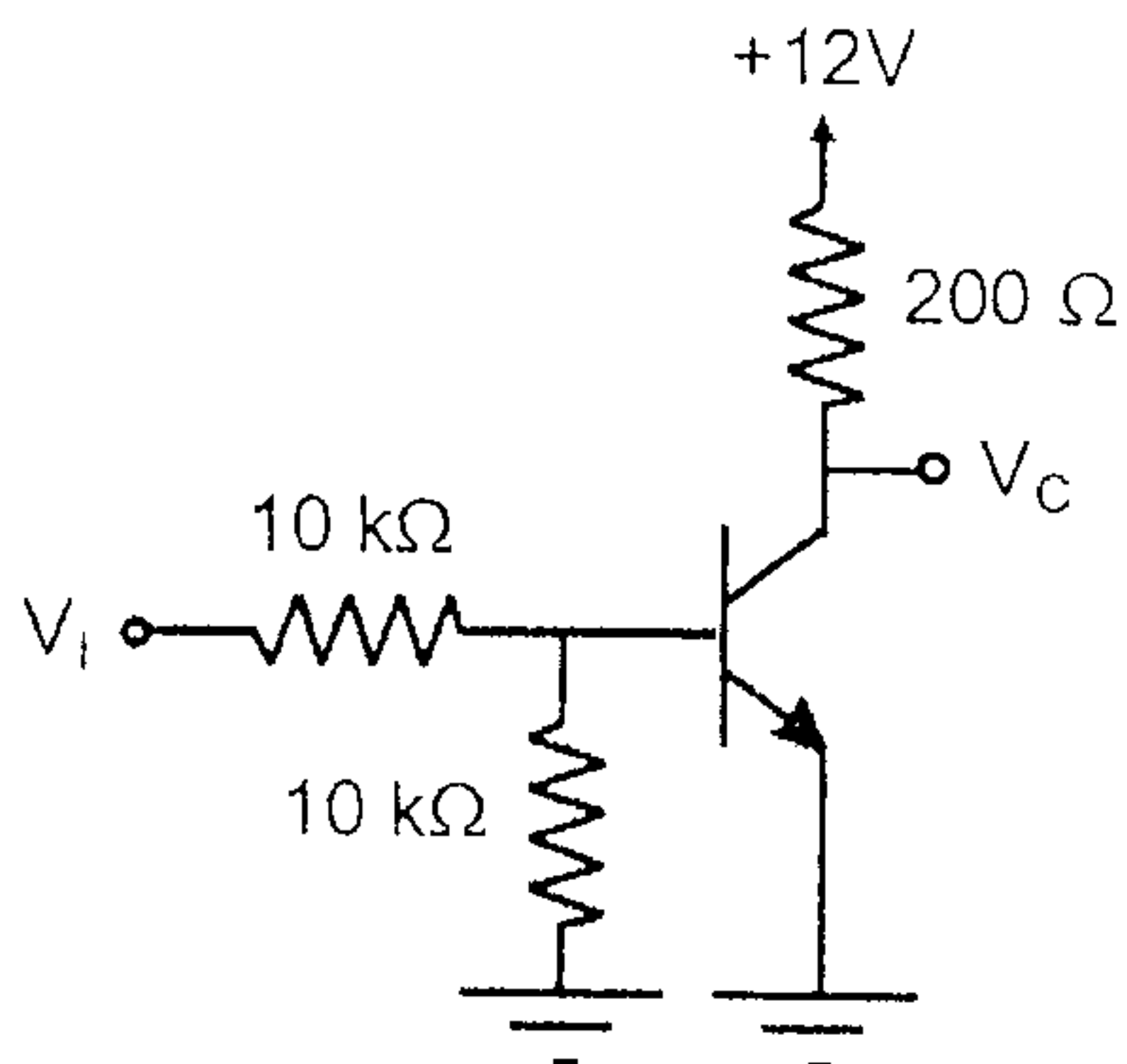
參考用

校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)
交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)
交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)
交通大學電信工程研究所(乙組)
交通大學生醫工程研究所(乙組)
清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)
清華大學光電工程研究所
清華大學電子工程研究所
清華大學工程與系統科學系(丁組)
陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

7. 分析下圖之電路。假設所有 MOSFETs 皆操作於飽和區且 M1 的電流 $I_{D1} = 2 \text{ mA}$ 。M1 與 M2 電晶體的尺寸如圖所示。忽略通道調變效應與基底效應。試求小訊號電壓增益 V_o/V_i (單位: V/V)。(請標示正負號)



8. 分析下圖之電路。假設 BJT 電晶體導通時 $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ ，電流增益 $\beta = 50$ ，忽略 Early Effect。當輸入電壓 $V_i = 12 \text{ V}$ 時，求此時之集極電壓 V_c 。(單位: V)



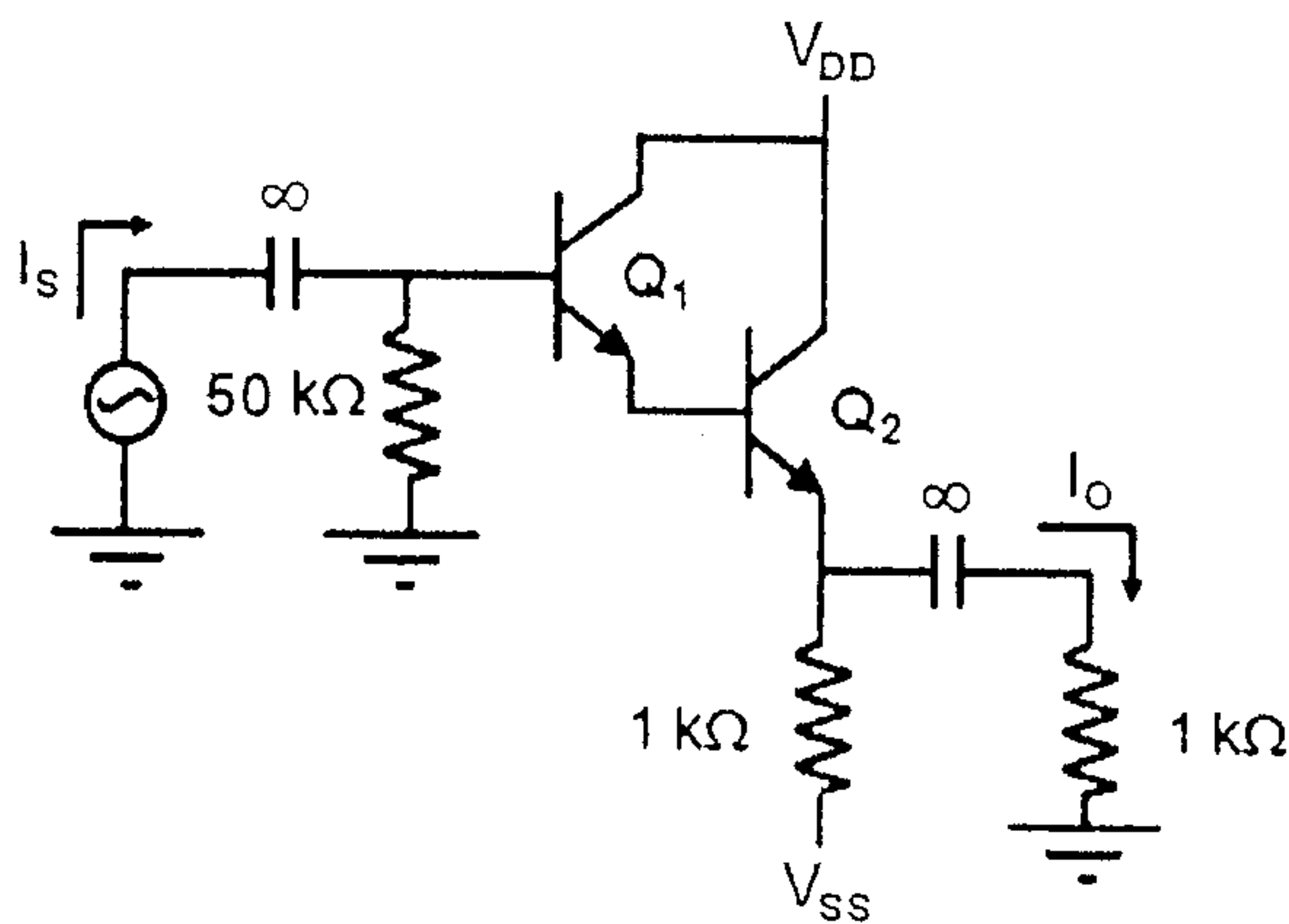
注意：背面有試題

科目：電子學(3001)

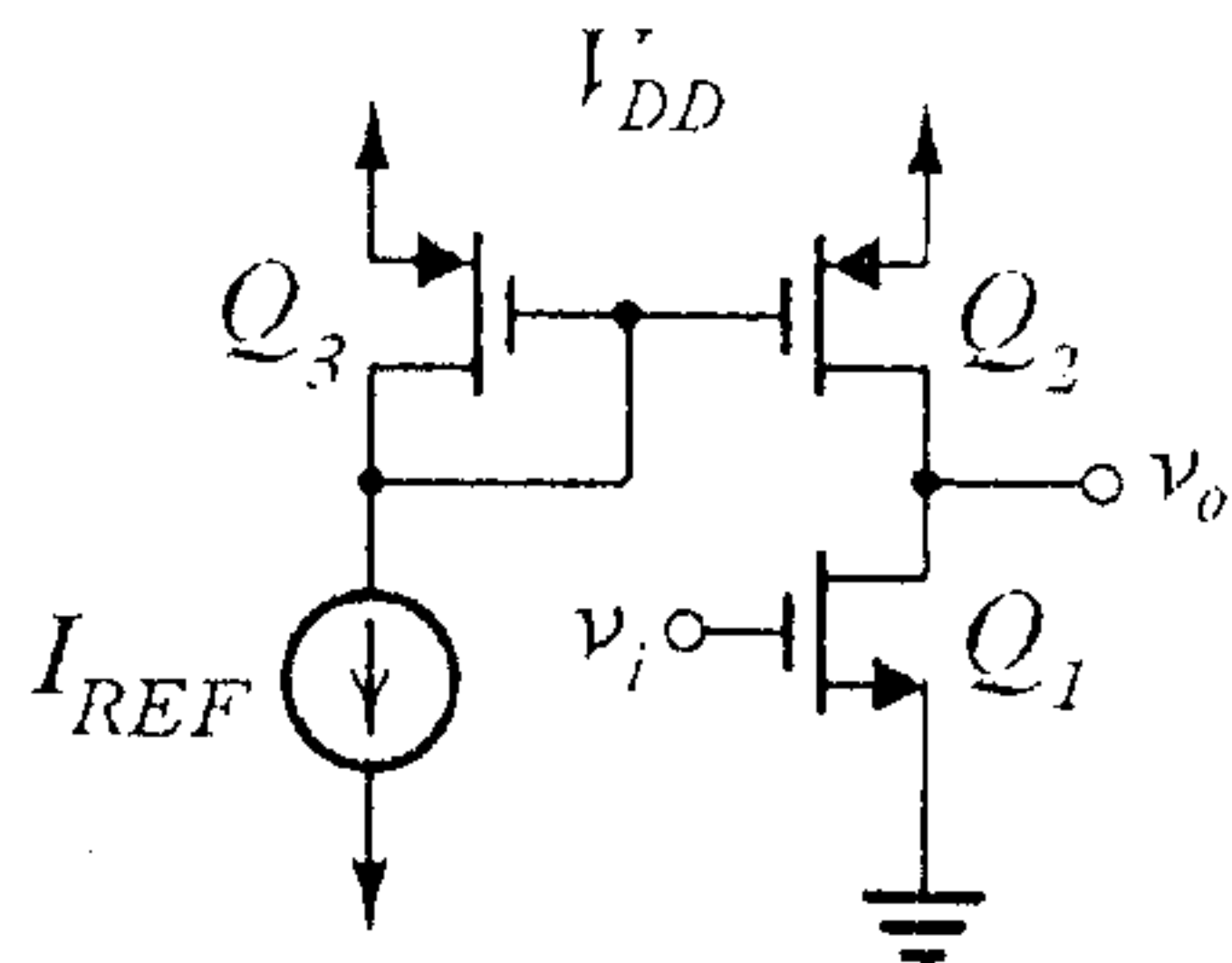
校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)
交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)
交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)
交通大學電信工程研究所(乙組)
交通大學生醫工程研究所(乙組)
清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)
清華大學光電工程研究所
清華大學電子工程研究所
清華大學工程與系統科學系(丁組)
陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

參考用

9. 分析下圖之電路。假設 BJT 電晶體之電流增益 $\beta_1 = \beta_2 = 9$, $r_{\pi 1} = 50 \text{ k}\Omega$, $r_{\pi 2} = 5 \text{ k}\Omega$, 忽略 Early Effect, 試求小信號電流增益 $A_i = |I_o/I_s|$ 。(單位: A/A, 請取 3 位有效數字)



10. 如下圖所示的共源極放大器, 當輸入電壓 v_i 由 0V 開始上升至 V_{DD} 的過程中, 以下那幾點為正確?(可複選) (a) 輸出電壓 v_o 也跟著上升; (b) Q_2 的電流上升; (c) Q_1 的工作區域由截止區(Cutoff Region), 進入三極區(Triode Region), 最後進入飽和區(Saturation Region); (d) Q_2 的工作區域由飽和區, 進入三極區, 最後進入截止區; (e) 以上皆非。



注意: 背面有試題

科目：電子學(3001)

校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)

交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)

交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)

交通大學電信工程研究所(乙組)

交通大學生醫工程研究所(乙組)

清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)

清華大學光電工程研究所

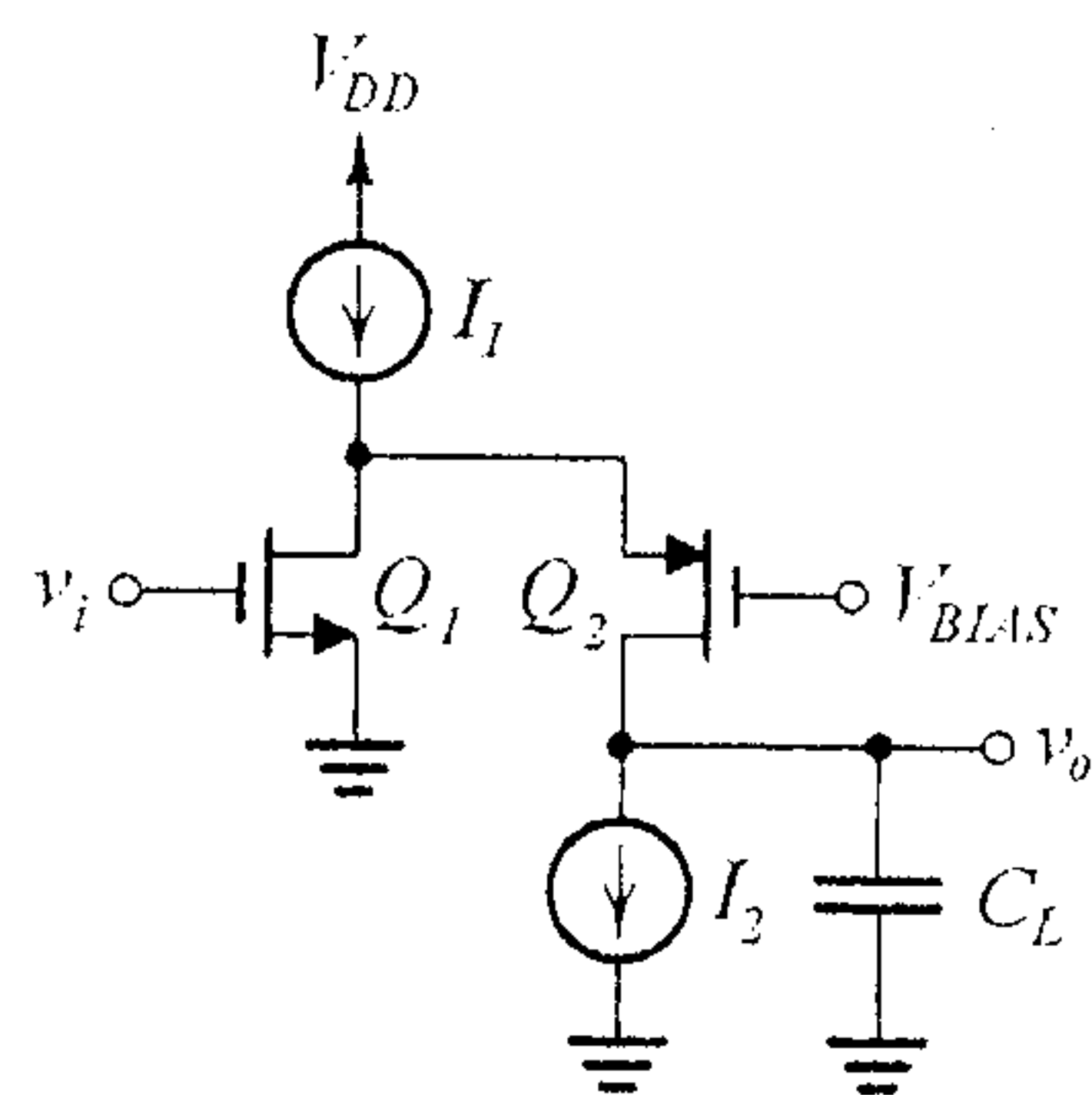
清華大學電子工程研究所

清華大學工程與系統科學系(丁組)

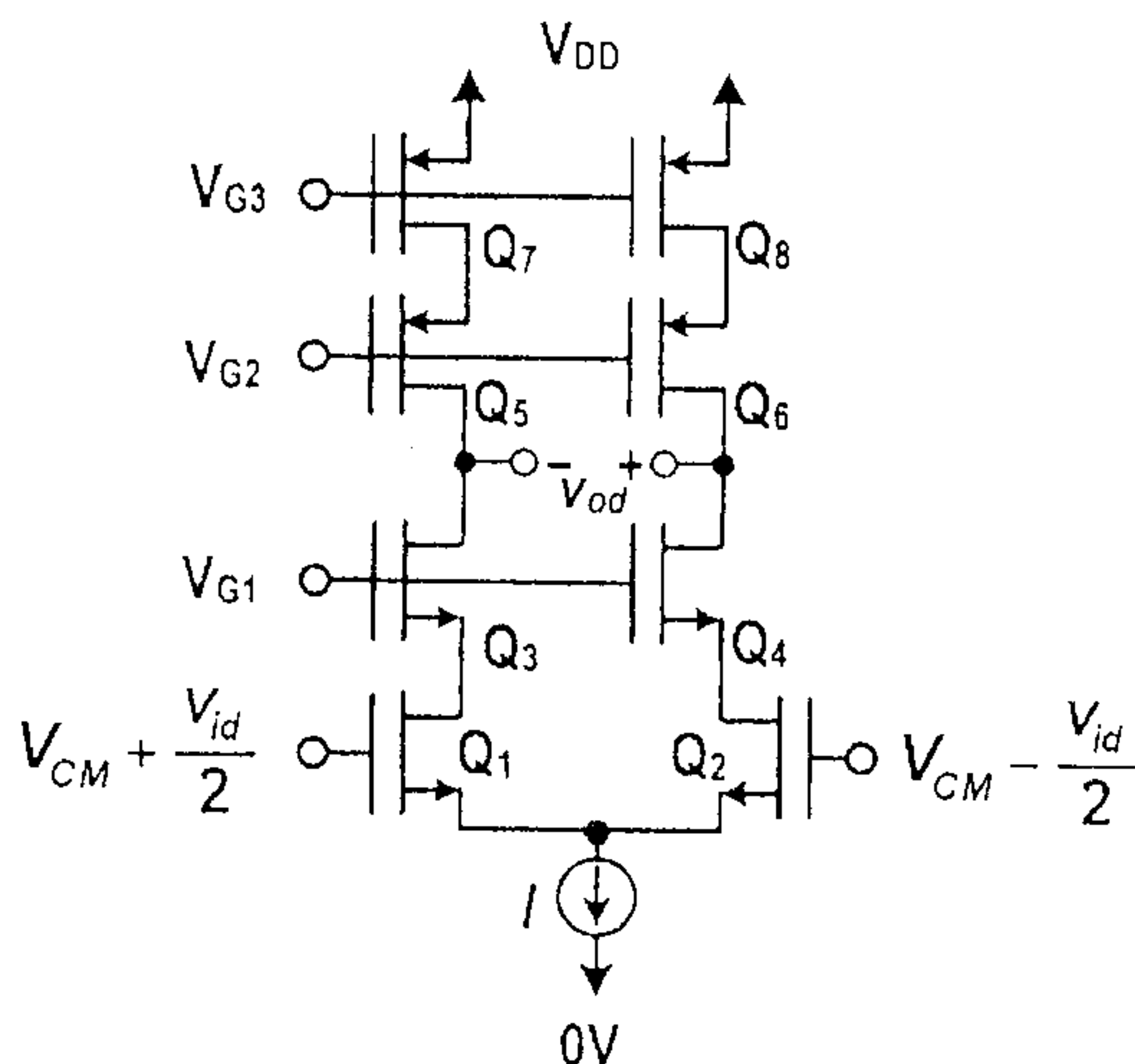
陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

參考用

11. 如下圖所示之放大器，假設所有 MOSFETs 皆操作於飽和區且忽略基體效應，並假設 $g_{m1} = 100 \mu\text{A/V}$ ， $g_{m2} = 50 \mu\text{A/V}$ ， $r_{o1} = 50 \text{ k}\Omega$ ， $r_{o2} = 100 \text{ k}\Omega$ 。假設 I_1 及 I_2 為理想電流源，且輸入信號源之內阻 $R_{sig} = 0 \Omega$ ，負載電容 $C_L = 1 \text{ pF}$ 。試求此電路之支配極點(dominant pole)。(單位: rad/sec，請取 3 位有效數字)



12. 下圖為一差動放大器，假設所有 MOSFETs 皆操作於飽和區且忽略基體效應。電晶體之參數為 $\mu_n C_{ox} = 4\mu_p C_{ox} = 1000 \mu\text{A/V}^2$ ， $V_{tn} = -V_{tp} = 0.4 \text{ V}$ ， $|V_A| = \infty$ 。假設 $V_{DD} = 1.8 \text{ V}$ ，偏壓電流 $I = 2 \text{ mA}$ ，所有電晶體之偏壓條件為 $|V_{ov}| = 0.2 \text{ V}$ 。如果我們希望 v_{od} 擁有 1.6 V 最大峰對峰差動輸出信號，試求輸入端共模電壓 V_{CM} 之最高許可值。(單位: V，請取 3 位有效數字)



注意：背面有試題

科目：電子學(3001)

校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)

交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)

交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)

交通大學電信工程研究所(乙組)

交通大學生醫工程研究所(乙組)

清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)

清華大學光電工程研究所

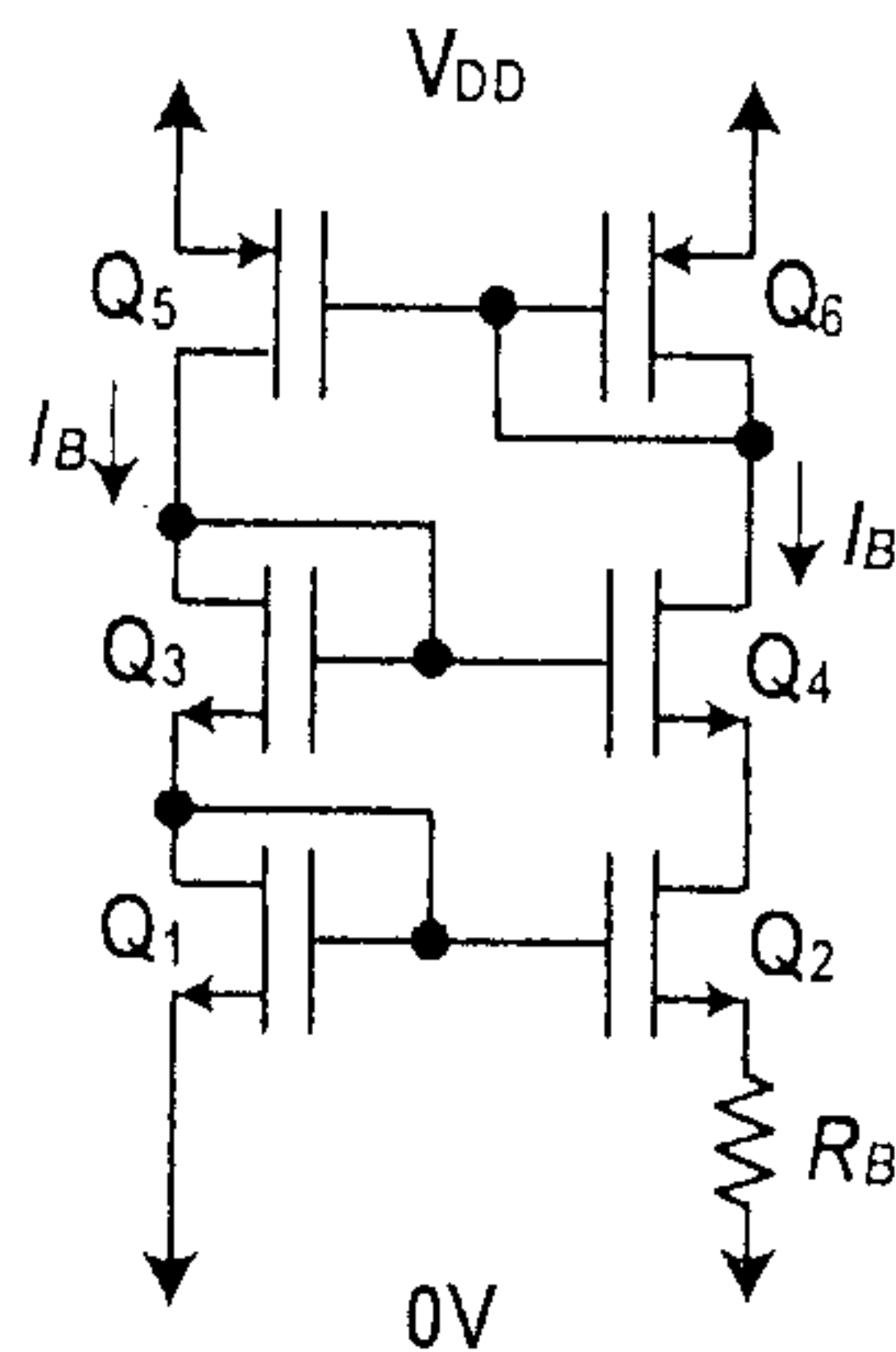
清華大學電子工程研究所

清華大學工程與系統科學系(丁組)

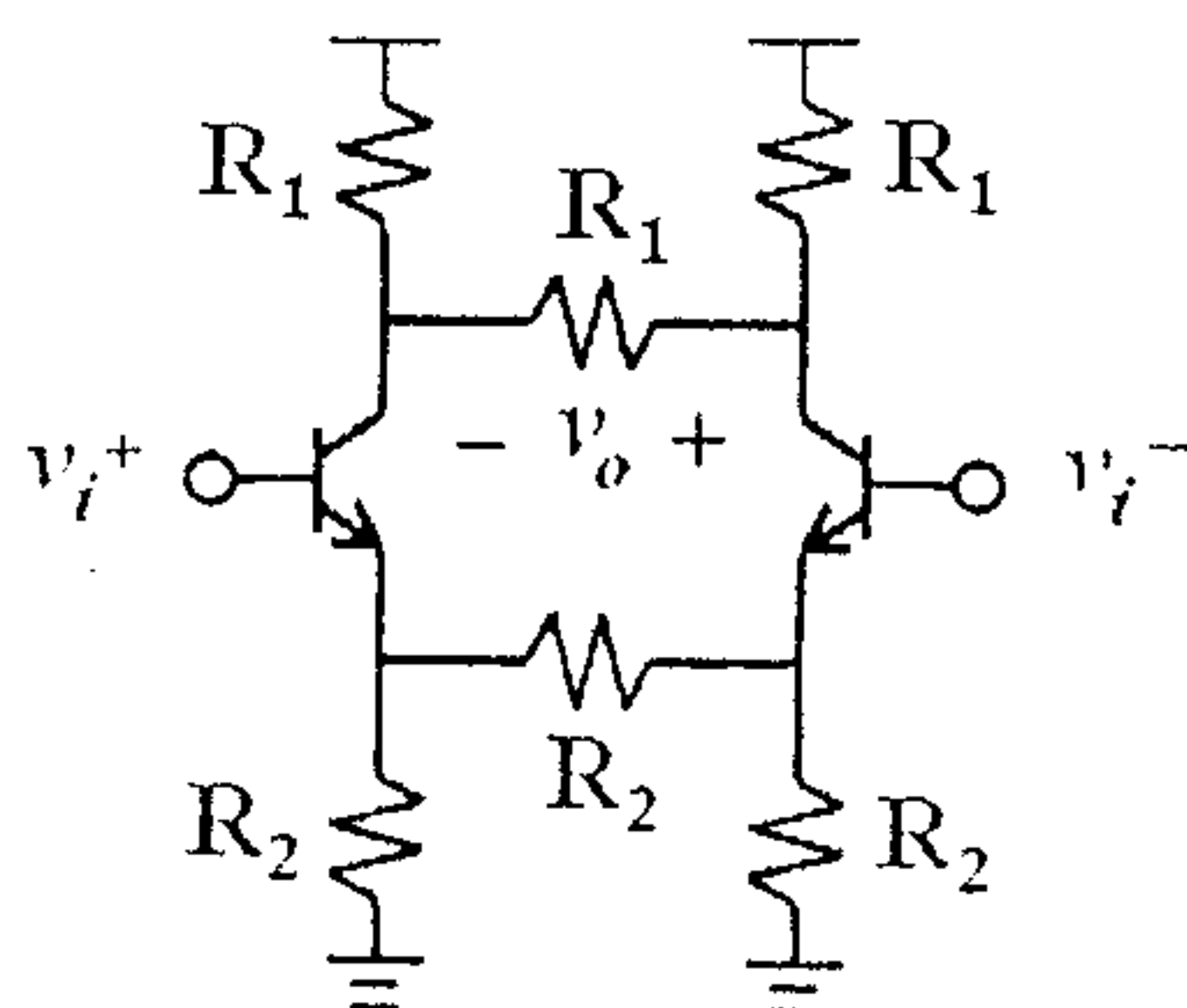
陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

參考用

13. 分析下圖之 90-nm CMOS 電路。圖中 $\left(\frac{W}{L}\right)_1 = \left(\frac{W}{L}\right)_3 = \left(\frac{W}{L}\right)_4 = \left(\frac{W}{L}\right)_5 = \left(\frac{W}{L}\right)_6 = \left(\frac{1.8\mu\text{m}}{90\text{nm}}\right)$ and $\left(\frac{W}{L}\right)_2 = \left(4 \times \frac{1.8\mu\text{m}}{90\text{nm}}\right)$ ，且 $\mu_n C_{ox} = 4\mu_p C_{ox} = 1000 \mu\text{A}/\text{V}^2$ ， $V_{tn} = -V_{tp} = 0.4\text{V}$ ，及 $|V_A'| = 20\text{V}/\mu\text{m}$ 。假設所有電晶體皆操作於飽和區，且忽略基體效應以及電阻 R_B 上之跨壓，試求可使此電路正常運作之最低電源電壓 V_{DD} 。(單位: V，請取 3 位有效數字)



14. 分析下圖之電路。假設所有 BJT 電晶體皆操作於主動區(Active Region)，電流增益 $\beta = \infty$ ，熱電壓 (Thermal Voltage) $V_T = 25\text{mV}$ ，忽略 Early Effect。假設所有電晶體之集極偏壓電流 $I_C = 0.1\text{mA}$ ， $R_1 = 6\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 3\text{k}\Omega$ ，試求小訊號差動增益 $v_o/(v_i^+ - v_i^-)$ 。(單位: V/V；請標示正負號)



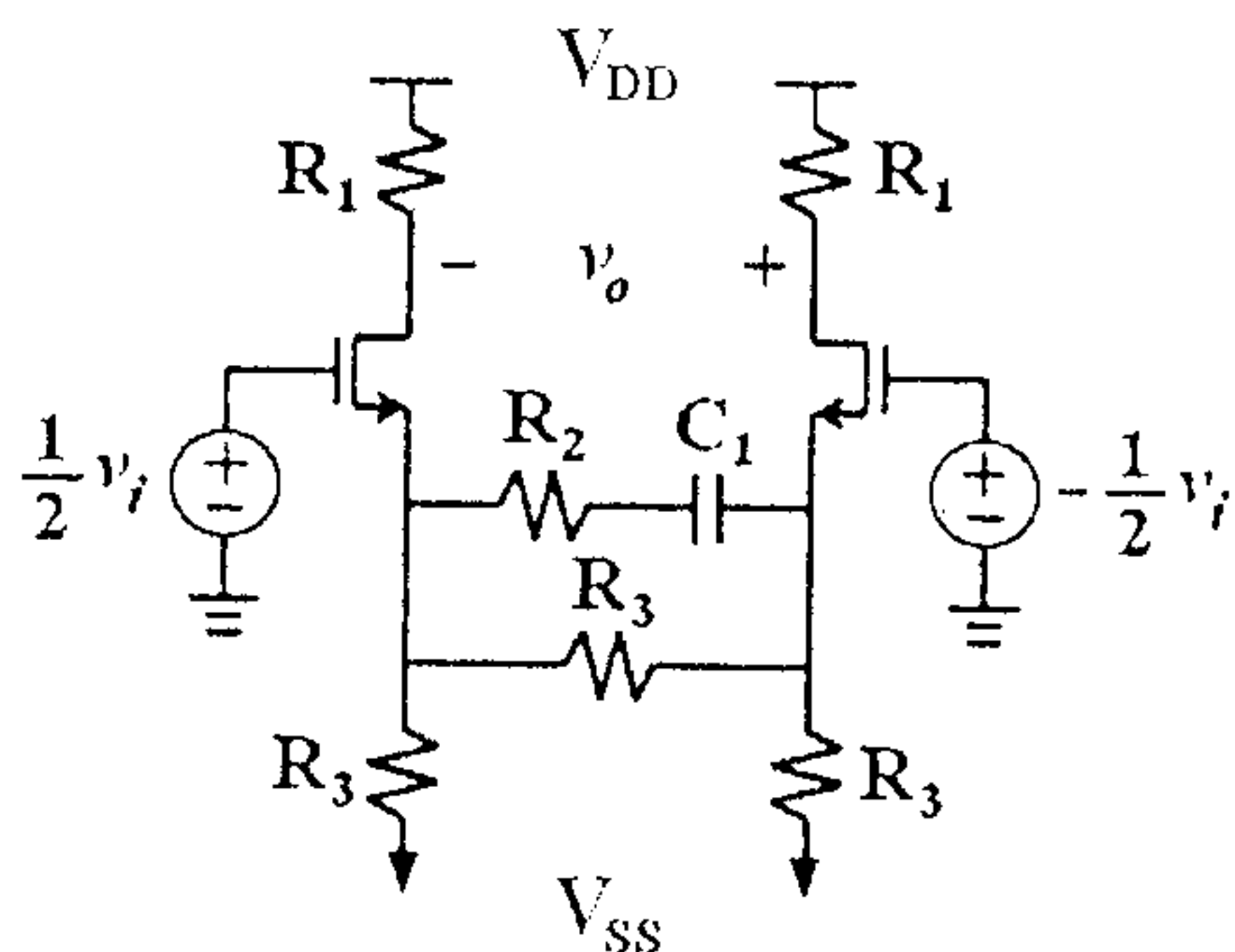
注意：背面有試題

科目：電子學(3001)

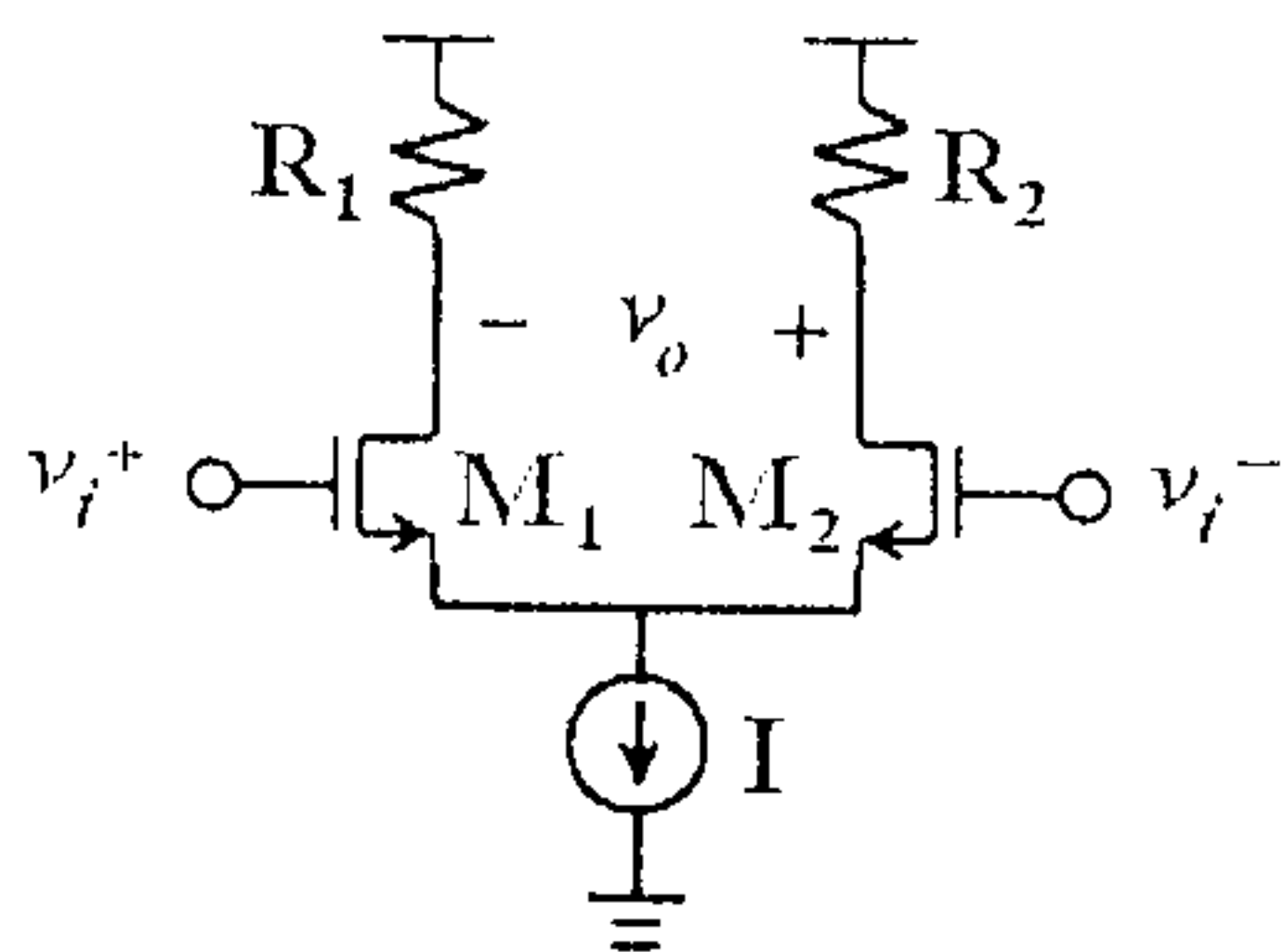
參考用

校系所組：中央大學電機工程學系（電子組、系統與生醫組）
交通大學電子研究所（甲組、乙A組、乙B組）
交通大學電控工程研究所（甲組、乙組）
交通大學電信工程研究所（乙組）
交通大學生醫工程研究所（乙組）
清華大學電機工程學系（甲組、乙組、丙組、丁組）
清華大學光電工程研究所
清華大學電子工程研究所
清華大學工程與系統科學系（丁組）
陽明大學生物醫學工程學系（醫學電子組）

15. 分析下圖之電路。假設所有 MOSFETs 皆工作於飽和區，忽略通道調變效應與基底效應。假設所有 NMOS 之 $g_m = 1 \text{ mA/V}$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 6 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$ 。試求轉移函數(Transfer Function) v_o/v_i 之零點頻率 (Zero Frequency)。(單位: rad/s, 請取 3 位有效數字)



16. 分析下圖之電路。假設所有 MOSFETs 皆工作於飽和區，忽略通道調變效應與基底效應。假設電晶體之 $\mu_n C_{ox} = 1 \text{ mA/V}^2$, $(W/L)_1 = (W/L)_2 = 8$, Threshold Voltage 分別為 $V_{t1} = 0.6 \text{ V}$, $V_{t2} = 0.5 \text{ V}$, 偏壓電流 $I = 1 \text{ mA}$, $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$, 若欲使 Input Offset Voltage 為 0 V , 試求所需之 R_2 電阻值。(請取 3 位有效數字)



注意：背面有試題

科目：電子學(3001)

校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)

交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)

交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)

交通大學電信工程研究所(乙組)

交通大學生醫工程研究所(乙組)

清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)

清華大學光電工程研究所

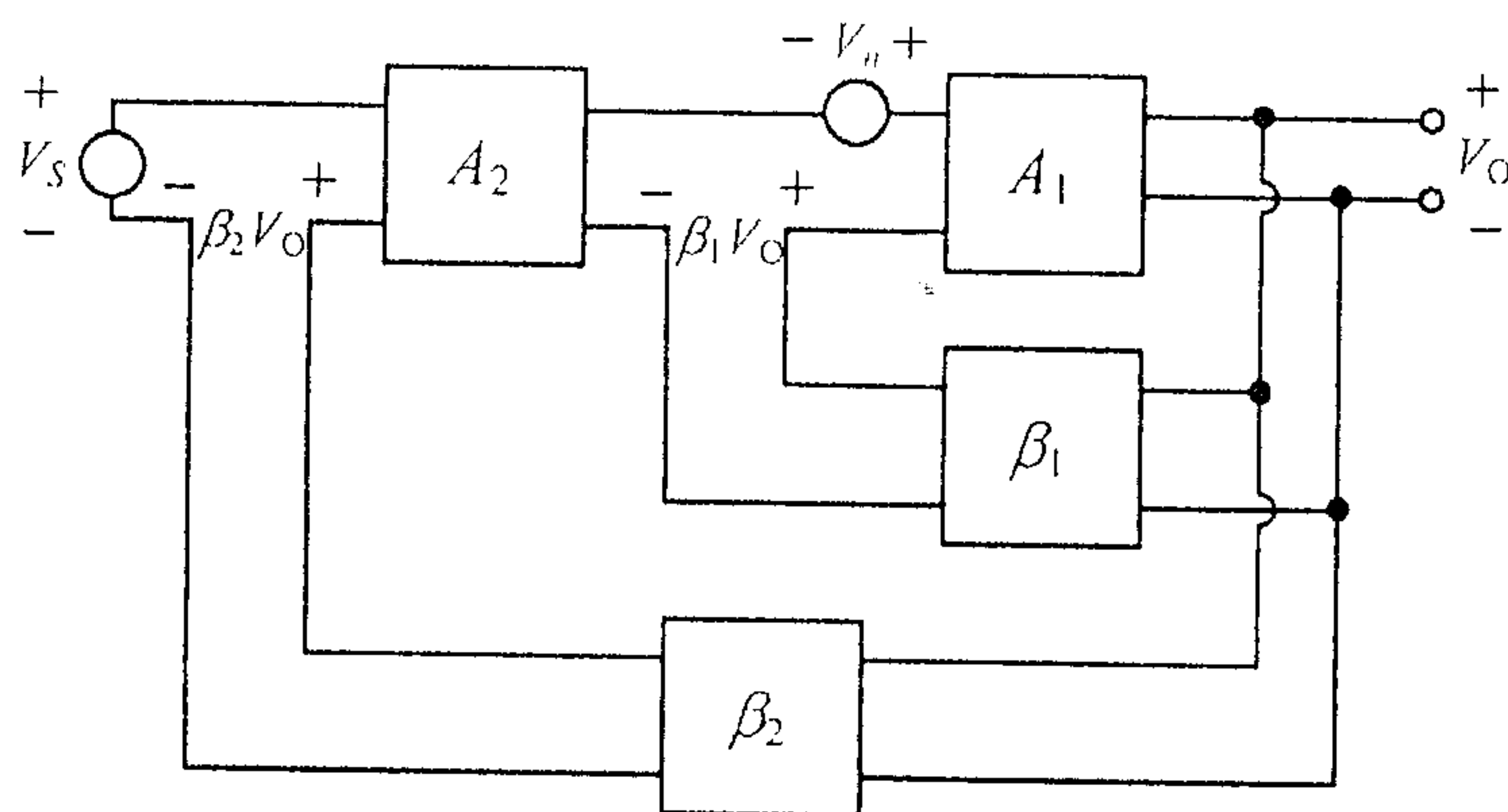
清華大學電子工程研究所

清華大學工程與系統科學系(丁組)

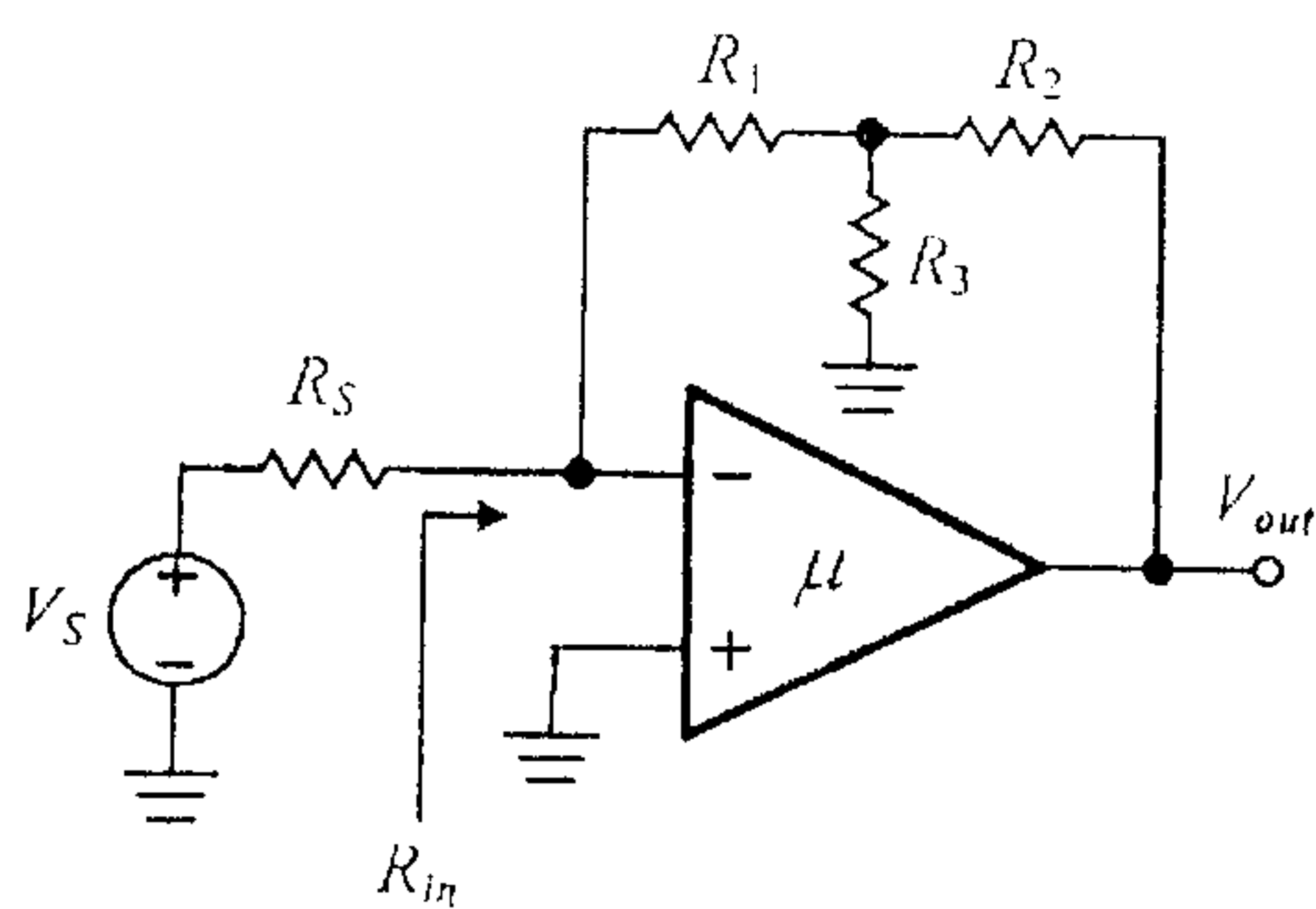
陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

參考用

17. 下圖的電路由兩個有限增益放大器(A_1 及 A_2)及兩個負回授網路(β_1 及 β_2)所構成，假設放大器 A_2 為一個乾淨的放大器(Clean Amplifier)，也就是說 A_2 不會產生雜訊，而放大器 A_1 本身會產生雜訊(Noise)， A_1 的輸入等效雜訊(Input Referred Noise)為 V_n ， V_S 為此放大器的輸入訊號(Signal)。試求此電路輸出端的訊號雜訊比(Signal-to-Noise Ratio)。(請以 V_S 、 V_n 、 β_1 、 β_2 、 A_1 、 A_2 的組合表示)



18. 分析如下之電路。假設運算放大器之電壓增益 $\mu = 198 \text{ V/V}$ ，其餘特性為理想。假設 $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ ， $R_S = 30 \text{ k}\Omega$ 。試求等效輸入阻抗 R_{in} 。(請取 3 位有效數字)



注意：背面有試題

科目：電子學(3001)

校系所組：中央大學電機工程學系(電子組、系統與生醫組)

交通大學電子研究所(甲組、乙A組、乙B組)

交通大學電控工程研究所(甲組、乙組)

交通大學電信工程研究所(乙組)

交通大學生醫工程研究所(乙組)

清華大學電機工程學系(甲組、乙組、丙組、丁組)

清華大學光電工程研究所

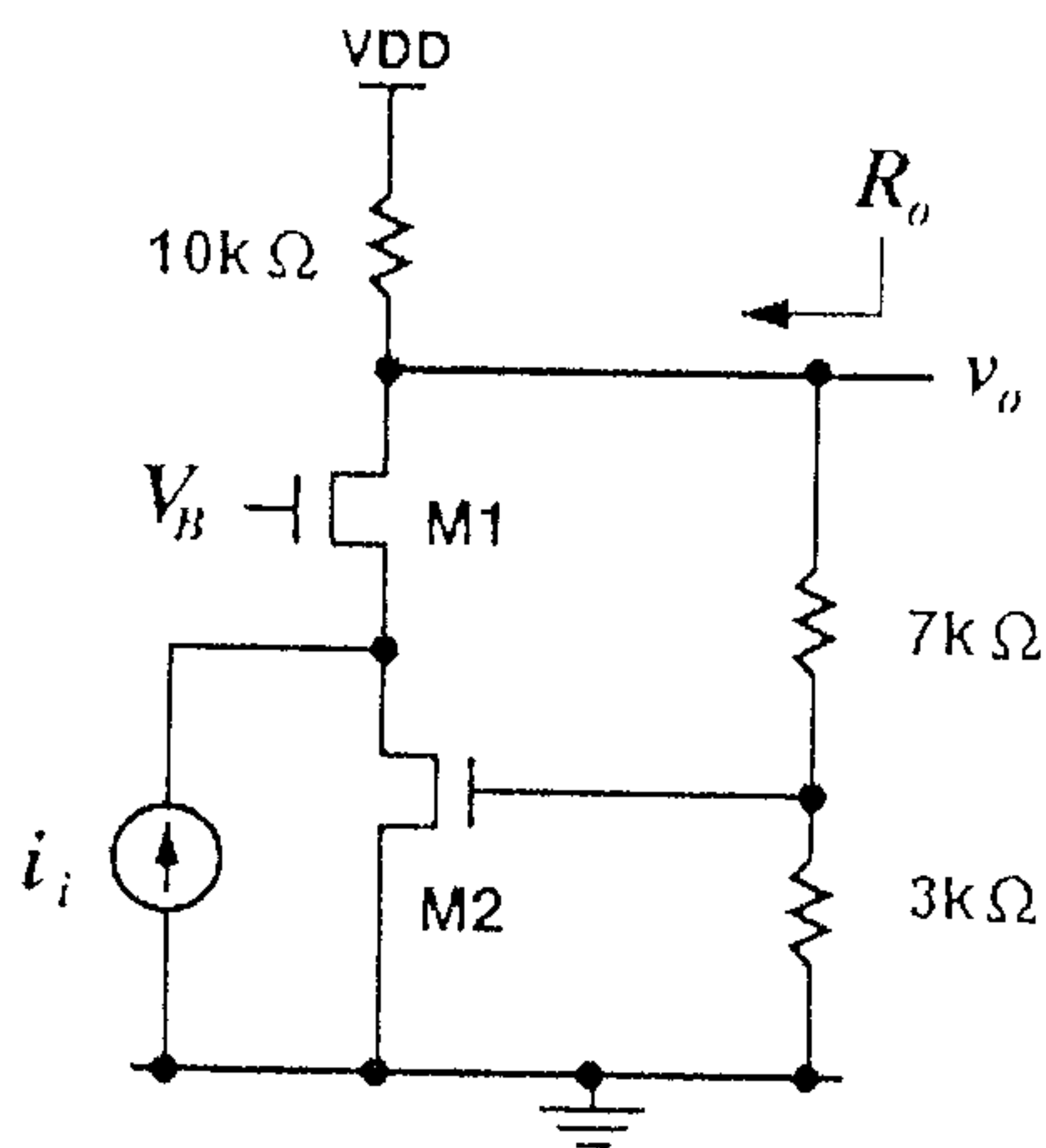
清華大學電子工程研究所

清華大學工程與系統科學系(丁組)

陽明大學生物醫學工程學系(醫學電子組)

參考用

19. 分析如下之電路。假設電晶體皆操作於飽和區，且 $g_{m1} = g_{m2} = 2 \text{ mA/V}$ ，忽略通道調變效應與基底效應。試求等效輸出阻抗 R_o 。(請取 3 位有效數字)



20. 分析如下之電路。假設電晶體皆操作於飽和區，且 $g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = 1 \text{ mA/V}$ ，忽略通道調變效應與基底效應。試求小訊號電壓增益 $\frac{v_o}{v_i}$ 之 3dB 頻寬。(單位: rad/sec，請取 3 位有效數字)

