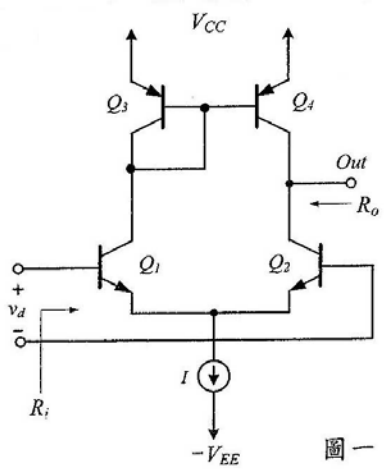
101 年特種考試交通事業鐵路人員考試試題

等 別：高員三級鐵路人員考試
類 科：電力工程、電子工程
科 目：電子學

一、圖一為主動負載差動放大器，電流源為 $I=0.2mA$，若電晶體的電流放大倍數 $\beta=200$ 及 Early 電壓為 $V_A=100V$，試求：

1. 輸入阻抗 R_i
2. 互導 G_m
3. 輸出阻抗 R_o
4. 開路電壓增益 A_{vo}



圖一

【擬答】：

1. $I_{E1}+I_{E2}=0.2m \Rightarrow I_{E1}=I_{E2}=0.1m$

則

$$r_{\pi 1}=r_{\pi 2}=\frac{25m}{\frac{0.1m}{1+200}}=50.25k\Omega$$

故輸入阻抗 R_i 為 $2\times 50.25k=100.5k\Omega$

2. $G_m=\frac{0.1m\times\frac{200}{201}}{25m}=\frac{0.0995m}{25m}=3.98mA/V$

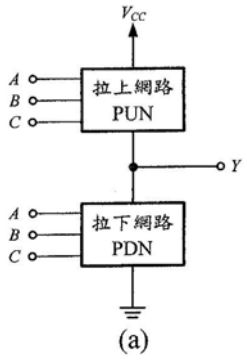
3. $r_{o2}=r_{o4}=\frac{100}{0.1m\times\frac{200}{201}}=1.005M\Omega \Rightarrow R_O=r_{o2}\,//\,r_{o4}=502.5k\Omega$

4. 開路電壓增益 $A_{vo}=\frac{200\times 502.5k}{2\times 50.25k}=1000$

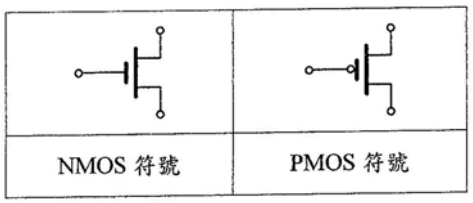
二、圖二(a)為三輸入 CMOS 邏輯閘，其中拉上網路(pull-up network, PUN)由 PMOS 組成，而拉下網路(pull-down network, PDN)則由 NMOS 組成。PMOS 和 NMOS 的符號如圖二(b)所示。試以兩種方式表示共斥或閘 $Y=A\overline{B}+\overline{A}B$ 的等效功能，即 $Y=AB+\overline{A}\overline{B}$ 及 $Y=(\overline{A}+B)(A+\overline{B})$；並以圖二(b)之 PMOS 及 NMOS 符號組成如下問題的 PUN 和 PDN 的邏輯電路：

1. 繪製出以 PUN 和 PDN 的邏輯電路表示 $Y=AB+\overline{A}\overline{B}$。
2. 製出以 PUN 和 PDN 的邏輯電路表示 $Y=(\overline{A}+B)(A+\overline{B})$。

全國最大公教職網站 http://www.public.com.tw



(a)

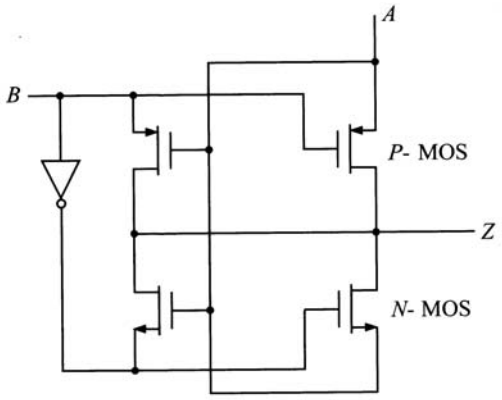


(b)

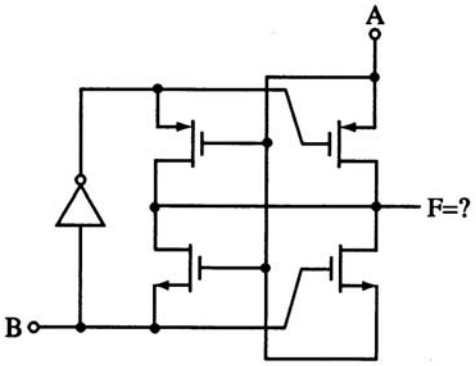
圖二

【擬答】：

1. 邏輯電路如下圖所示：



2. 邏輯電路如下圖所示：



三、有一轉移函數$T(s)$，具有下列零點(zero)和極點(pole)：零點在$s=0$和$s=\infty$；極點在$s=-100$和$s=-10^6$；其大小$|T(j\omega)|$在$\omega=10^4$ rad/s 時為 100。

1. 試求轉移函數$T(s)=$？
2. 試繪出轉移函數大小$|T(j\omega)|$的波德圖(Bode Plot)，大小單位以 dB 表示，變化斜率需標示清楚。

【擬答】：

1. 轉移函數$T(s)=\dfrac{ks}{\left(1+\dfrac{s}{10^2}\right)\left(1+\dfrac{s}{10^6}\right)}$，根據題意大小$|T(j\omega)|$在$\omega=10^4$ rad/s 時為 100，則

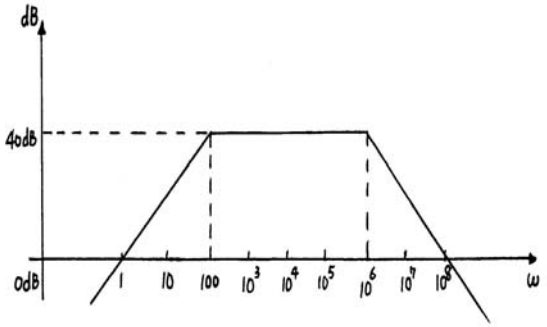
$$100=\frac{k\times10^4}{\sqrt{1+\dfrac{(10^4)^2}{100^2}}\sqrt{1+\dfrac{(10^4)^2}{(10^6)^2}}}\approx\frac{k\times10^4}{100\times1}\Rightarrow k=1$$

所以

$$T(s)=\frac{s}{\left(1+\frac{s}{10^2}\right)\left(1+\frac{s}{10^6}\right)}$$

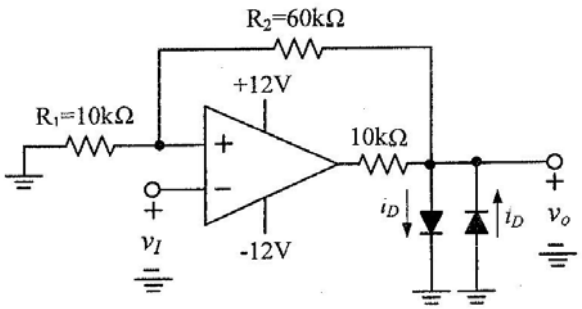
2. 轉移函數大小$|T(j\omega)|$的波德圖(Bode Plot)如下圖所示：

斜率為每 10 倍頻率為 20 分貝



四、如圖三電路，若兩個二極體的順向電壓均為 0.7V，試回答下列問題：

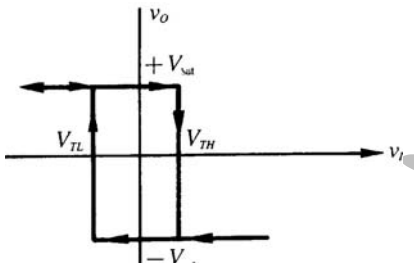
1. 請繪輸出與輸入v_o-v_I轉換曲線。
2. 求出二極體的最大電流$i_{D\max}$。
3. 若在圖三電路中，去除R_1，並令R_2短路，請繪輸出與輸入v_o-v_I轉換曲線。(以上座標均需標示大小數量)



圖三

【擬答】：

1. 此為反相樞密特觸發電路，二極體在輸出處做為比例限制器之用，限制於$V_0=\pm 0.7V$，輸出與輸入v_o-v_I轉換曲線如下圖所示：

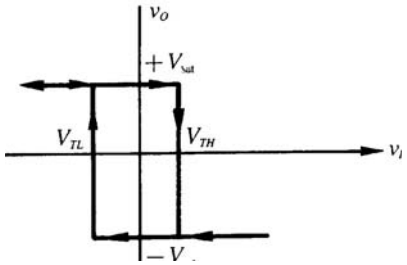


$$V_{TH}=0.7\times\frac{10k}{60k+10k}=0.1V, V_{TL}=-0.7\times\frac{10k}{60k+10k}=-0.1V$$

$$V_O=\pm 0.7V$$

2. $$i_{D\max}=\frac{12-0.7}{10k}-\frac{0.7}{70k}=1.13m-0.01m=1.12mA$$

3. 輸出與輸入v_o-v_I轉換曲線如下圖所示：

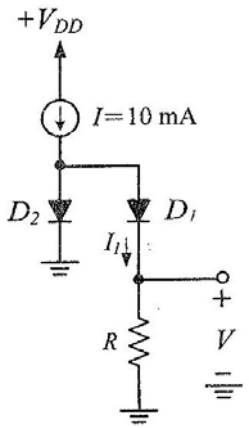


其中

$V_O = \pm 0.7V$ ，$V_{TH} = 0.7V, V_{TL} = -0.7V$

五、圖四中，若兩個二極體的特性相同，熱電壓(thermal voltage)$V_T = 25\,\text{mV}$，在順向電壓為 $V_D = 0.7\,\text{V}$ 時，二極體電流為 $I_D = 1\,\text{mA}$；在順向電壓為 $V_D = 0.8\,\text{V}$ 時，二極體電流為 $I_D = 100\,\text{mA}$；試回答下列問題：

1. 求出二極體電流與電壓關係(I_D–V_D)方程式中之材料物理常數 n。
2. 若欲使輸出電壓 $V = 50\,\text{mV}$，試求 I_1 = ？及 R = ？



圖四

【擬答】：

1. 利用公式 $V_{D1} - V_{D2} = nV_T \times \ln\left(\frac{V_{D1}}{V_{D2}}\right)$，則

$$0.8 - 0.7 = n \times 25m \times \ln\left(\frac{100m}{1m}\right) \Rightarrow 100m = n \times 25m \times 4.605$$

所以 $n = \frac{100m}{25m \times 4.605} = 0.8686$

2. 利用公式 $I_D = I_S \times \left(e^{\frac{V_D}{n \times V_T}} - 1\right) \approx I_S \times e^{\frac{V_D}{n \times V_T}}$，則

$$I_1 = I_S \times e^{\frac{V_{D1}}{nV_T}}$$

$$I_2 = I_S \times e^{\frac{V_{D1}+50m}{nV_T}} = I_S \times e^{\frac{V_{D1}}{nV_T}} \times e^{\frac{50m}{0.8686 \times 25m}} = I_1 \times 10$$

又

$I_1 + I_2 = 10m$

則

$I_1 + 10I_1 = 10m \Rightarrow I_1 = 0.909mA$

此時

$$R = \frac{50m}{0.909m} = 55\Omega$$