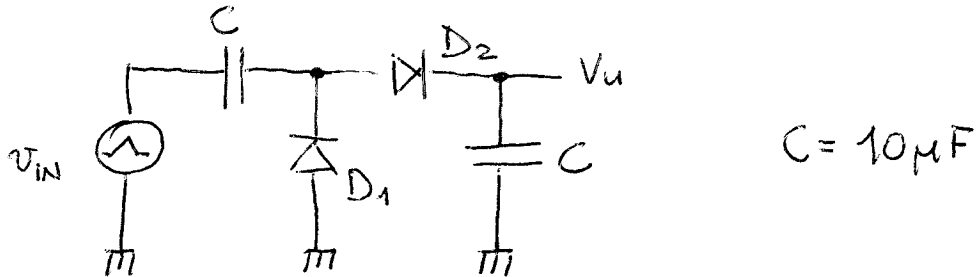


**ESERCIZIO N°1**

6 punti

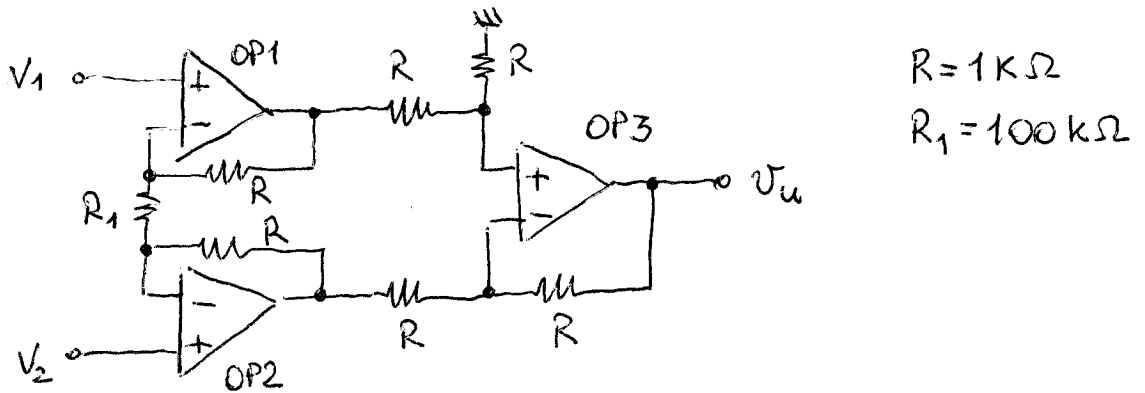
Il seguente circuito duplicatore di tensione ha in ingresso un impulso triangolare positivo, con uguali tempi di salita e discesa, di ampiezza 10 V e durata complessiva 100  $\mu$ s. Determinare l'andamento della tensione di uscita e della corrente nei diodi ideali  $D_1$  e  $D_2$ .



**ESERCIZIO N°2**

7 punti

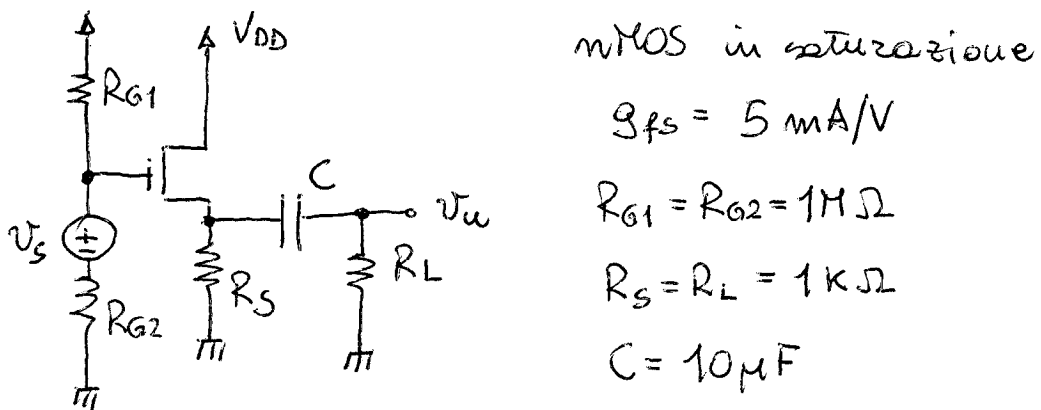
Determinare la tensione di uscita del circuito seguente nel caso in cui  $V_1 = V_2 = V_c$  e nel caso in cui  $V_1 = -V_2 = V_d/2$ . Gli amplificatori operazionali sono ideali.



**ESERCIZIO N°3**

7 punti

Disegnare il circuito per piccoli segnali e determinare la risposta in frequenza, disegnando i relativi diagrammi asintotici di Bode, del circuito seguente.



## ESERCIZIO N°4

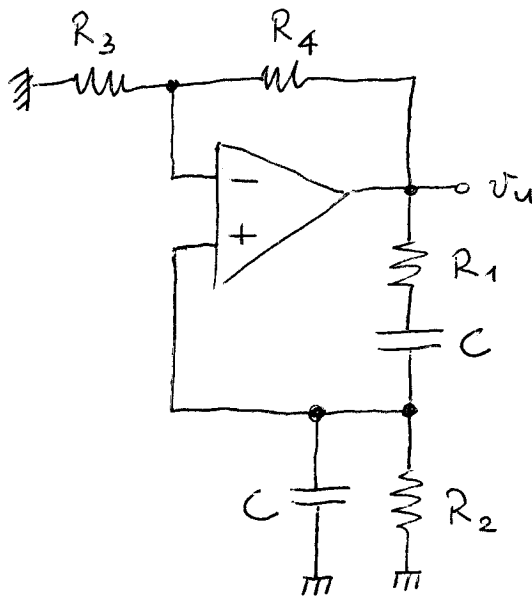
6 punti

Valutare il massimo sbilanciamento del circuito dell'esercizio 2. Gli operazionali, tutti simili, presentano soltanto una tensione di offset,  $|V_{io}| < 1 \text{ mV}$ .

## ESERCIZIO N°5

7 punti

Determinare frequenza e ampiezza a regime della tensione di uscita del seguente oscillatore.



$$C = 1 \mu\text{F}$$

$$R_1 = R$$

$$R_2 = R \left( 1 - \frac{v_{u\text{MAX}}}{V_o} \right)$$

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$V_o = 1 \text{ V}$$

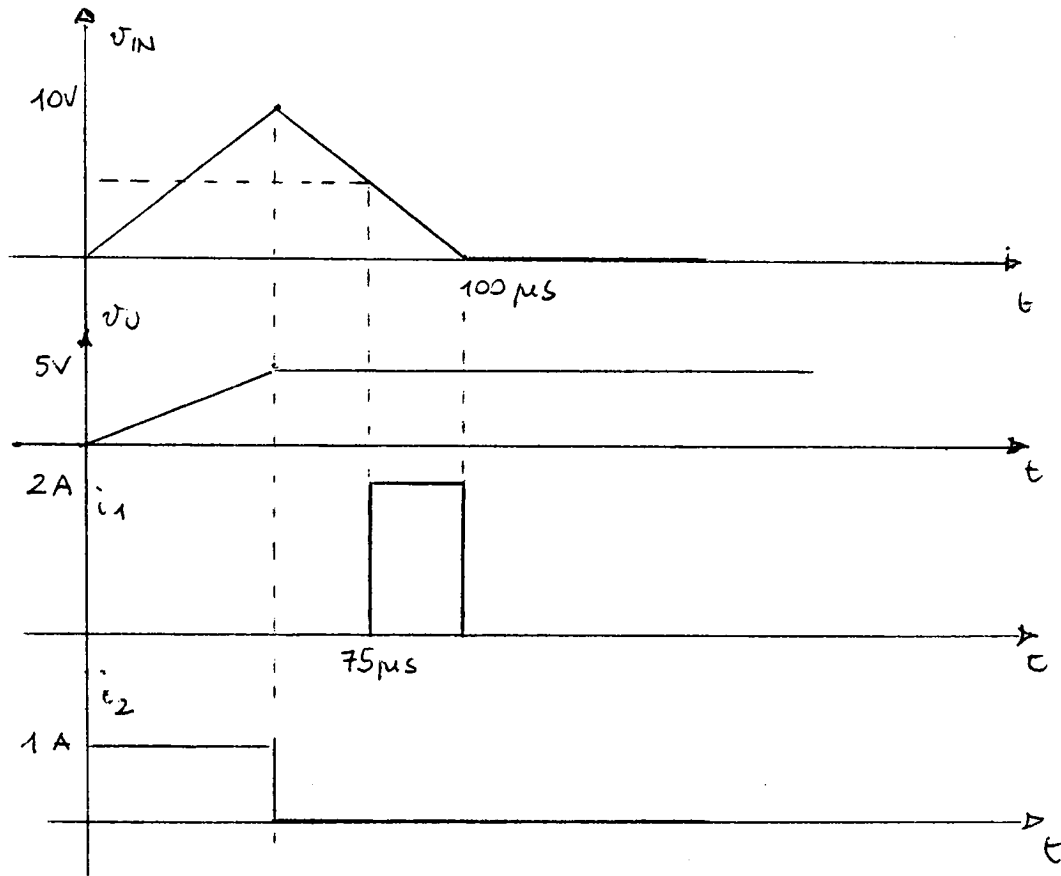
$$R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 3 \text{ k}\Omega$$

OP. AMP ideale

①

inizialmente  $D_1$  off e  $D_2$  on ; si carica entrambe le C  
 poi  $D_1$  off e  $D_2$  off  
 infine  $D_1$  on e  $D_2$  off ; si scarica la  $C_{sx}$



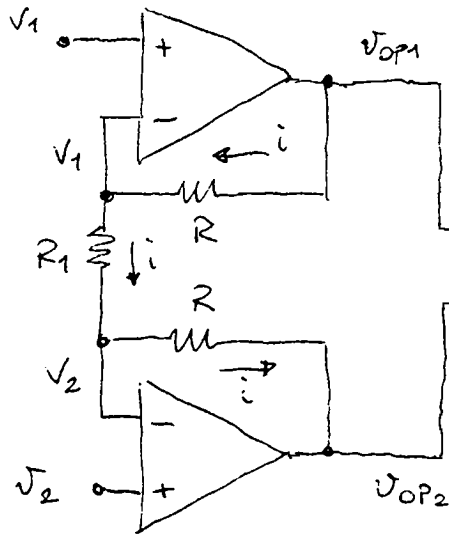
Corrente diretta nei diodi

$$i_2 = \frac{C}{2} \frac{d v_{IN}}{dt} = 5 \mu \cdot \frac{10}{50 \mu} = 1 A$$

$$i_1 = C \frac{d v_{IN}}{dt} = 2 A$$

② Applico il metodo del CCV  
 Si riconosce che OP3 forma un amplificatore differenziale che dà

$$v_u = v_{OP1} - v_{OP2}$$



$$i = \frac{v_1 - v_2}{R_1}$$

$$v_{OP1} - v_{OP2} = i (2R + R_1)$$

$$v_u = (v_1 - v_2) \frac{2R + R_1}{R_1}$$

1) con  $v_1 = v_2 = v_c$

$$v_u = 0$$

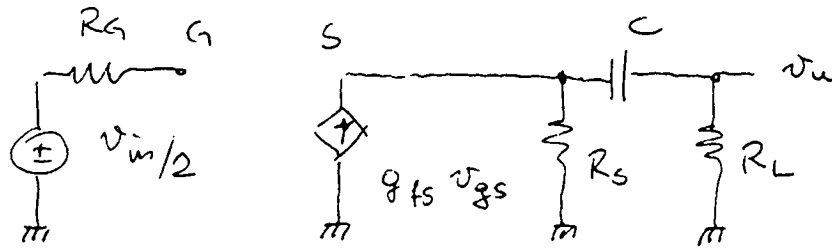
2) con  $v_1 = -v_2 = v_d/2$

$$v_u = v_d \cdot \frac{2R + R_1}{R_1} = 1.02 v_d$$

④ Per valutare lo sbilanciamento ~~per~~ considerare come caso peggiore quello in cui OP1 e OP2 hanno sbilanc. discordi e sommare poi lo sbilanciamento del differenziale

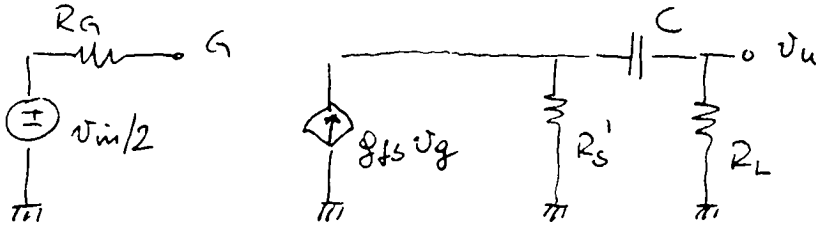
$$v_{u \max} = 2 |v_{i0}| \frac{2R + R_1}{R_1} + 2 |v_{j0}| = 4.04 \text{ mV}$$

③ Si tratta di un inseguitore di source  
 Applico il teor. di Thevenin all'ingresso



$$R_G = R_{G1} \parallel R_{G2}$$

Scoppio il generatore pilotato



$$R'_S = R_S \parallel (1/g_{fs}) = 167 \Omega$$

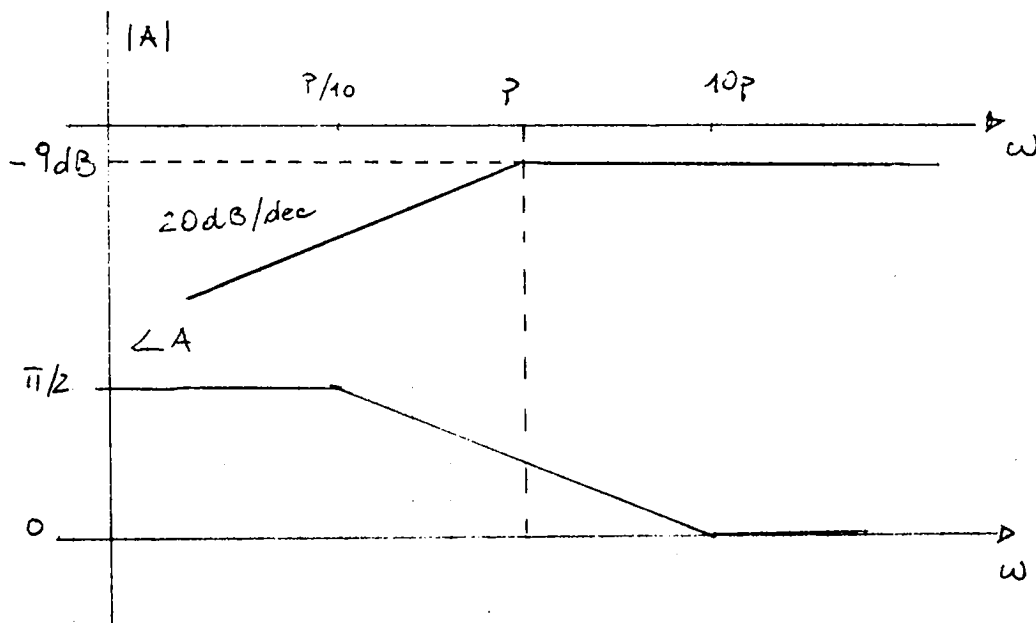
il sistema ha uno zero nell'origine e un polo

$$\frac{v_u}{v_{in}} = A_{CB} \frac{s}{s+p}$$

$$\text{con } A_{CB} = \frac{1}{2} g_{fs} R'_S \parallel R_L = 0.357 \quad (-9 \text{ dB})$$

$$p = \frac{1}{R_{vc} C} = 85.7 \text{ krad/s}$$

$$R_{vc} = R'_S + R_L = 1167 \Omega$$



⑤ Oscillatore a ponte di Wien.  
Si ricorre subito al guadagno di quella

$$bA = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \cdot \frac{z_2}{z_1 + z_2}$$

$$\text{con } z_2 = \frac{R_2}{R_2 C s + 1} \quad \text{e} \quad z_1 = \frac{R_1 C s + 1}{C s} \quad \text{quindi}$$

$$bA = 4 \cdot \frac{R_2 C s}{R_1 R_2 (C s)^2 + (R_1 + 2R_2) C s + 1}$$

All'incirca il circuito è instabile ( $A_V > 3$  e  $R_1 = R_2$ )  
A regime si dovrà avere la condizione

$$\begin{cases} 1 - R_1 R_2 C^2 \omega_0^2 = 0 & (\text{parte imm. nulla}) \\ \frac{4 R_2}{R_1 + 2R_2} = 1 & (\text{parte reale unitaria}) \end{cases}$$

Si ha quindi

$$4 R_2 = R_1 + 2R_2 \quad R_2 = R_1 / 2 \quad \text{e quindi } v_{\text{MAX}} = 0.5 V$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \sqrt{2} ; \quad f_0 = 225 \text{ Hz}$$