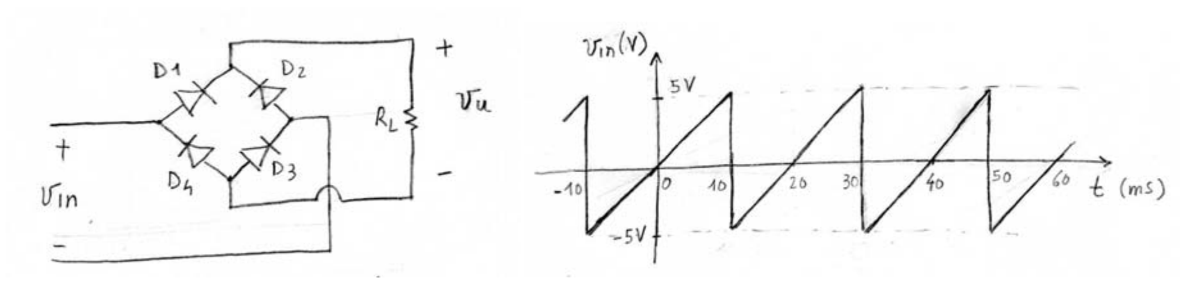
Scheda **A17_05**		Data: **9 giugno 2017**
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

5 punti (4)

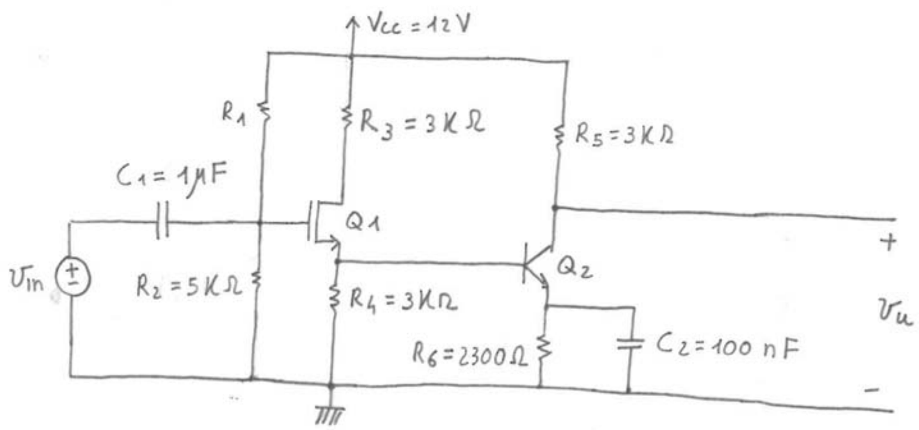
Si immagini di mandare in ingresso al circuito disegnato nella parte sinistra della figura sottostante la tensione periodica il cui andamento nel tempo è disegnato nella parte destra della figura. Ipotizzando i diodi ideali, si disegni l'andamento nel tempo della tensione $v_u(t)$ che si otterrebbe all'uscita di tale circuito e si specifichi il valore massimo e medio di tale tensione.



ESERCIZIO N°2

7.5 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, ricavare il valore di R_1 sapendo che la tensione di uscita V_u a riposo è pari a 9.03 V. Determinare il punto di lavoro dei transistori Q_1 e Q_2. <u>Si utilizzi una precisione numerica fino alla quarta cifra significativa.</u>



PER Q_1: $\frac{1}{2} \cdot \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 1.01 \ \frac{mA}{V^2}$; $V_T = 1\,V$

PER Q_2: $h_{FE} = 99$

ESERCIZIO N°3

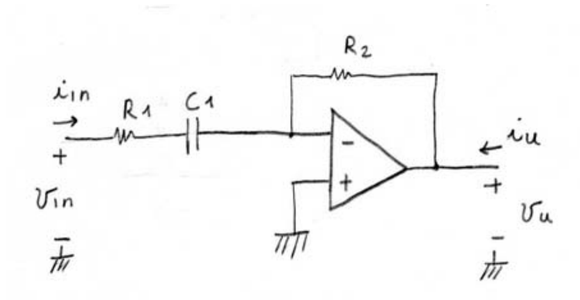
7.5 punti (4)

Si consideri il circuito mostrato nell'esercizio precedente, in cui però stavolta si assuma R_1=5 KΩ. Se ne ricavi la funzione di trasferimento $A_v(s)=V_u/V_{in}$ (il diagramma di Bode non e' richiesto). Si considerino stavolta per Q_1: g_{m1}=2 mA/V, e per Q_2: hie_2=4800 Ω e hfe_2=100.

ESERCIZIO N°4

6.5 punti (4)

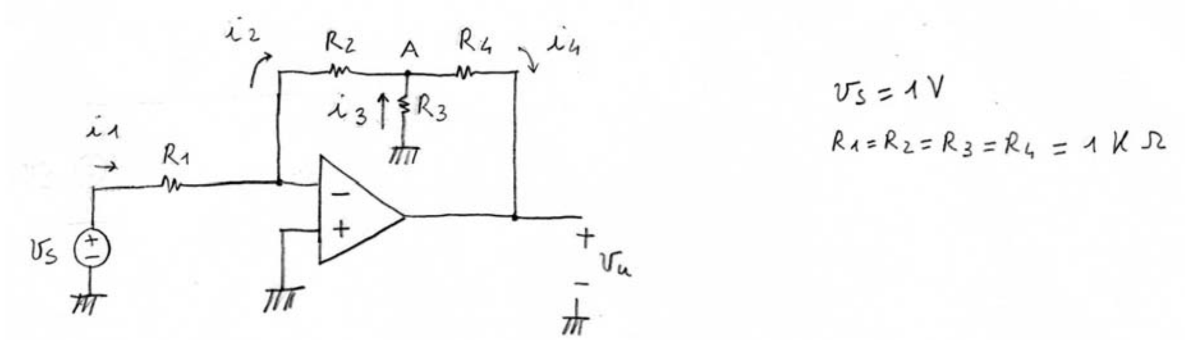
Si ricavino i parametri *r* del circuito mostrato in figura.



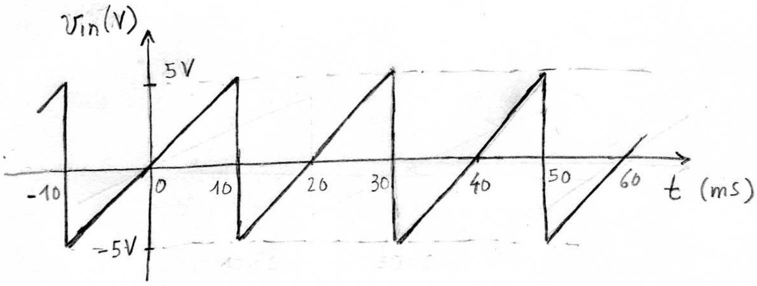
ESERCIZIO N°5

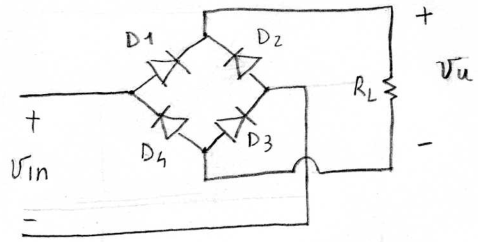
6.5 punti (4)

Considerando l'amplificatore operazionale ideale, per i valori dell'ingresso e delle resistenze riportati a fianco dello schema si determinino (nell'ordine): la corrente i_1, la corrente i_2, la tensione v_A, la corrente i_3, la corrente i_4 e la tensione v_u. A tal fine si consiglia in particolare di sfruttare il cortocircuito virtuale e l'equilibrio delle correnti al nodo A.

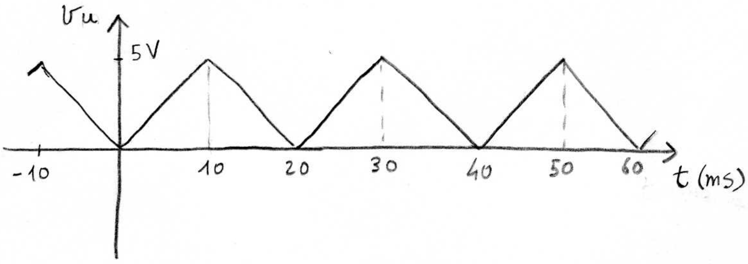


1)





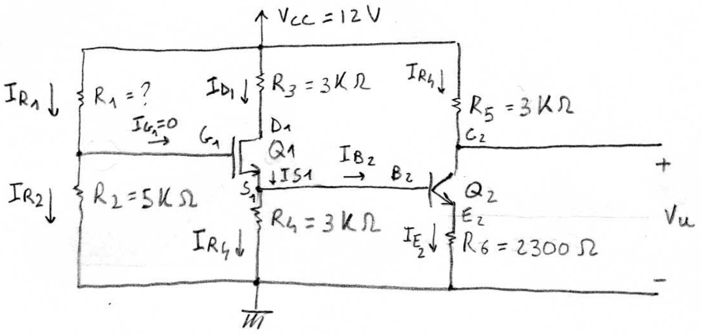
considerando D_1, D_2, D_3 e D_4 ideali:
negli istanti in cui $v_{in} > 0$ conducono D_1 e D_3 e quindi $v_u = v_{in}$;
negli istanti in cui $v_{in} < 0$ conducono D_2 e D_4 e quindi $v_u = -v_{in}$;
quindi la $v_u(t)$ sarà



con valore massimo pari a 5V e valore medio pari a 2.5V

$$\left(\text{infatti } \frac{1}{20ms} \int_0^{20ms} v_{in}(t)\, dt = \frac{1}{20ms} \cdot \underbrace{\left(20ms \cdot 5V \cdot \frac{1}{2}\right)}_{\substack{\text{area del triangolo} \\ \text{di base 20 ms e altezza 5V}}} = 2.5V \right)$$

2) Circuito in continua



$h_{FE} = 99$

$K = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L} = 1.01\ \frac{mA}{V^2}$

$V_T = 1V$

$V_u = 9.03V = V_{C2}$

$I_{R5} = I_{C2} = \frac{V_{CC} - V_u}{R_5} = 0.99\ mA$

ipotesi 1: Q_2 in zona attiva diretta

$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{h_{FE}} = 10\mu A \geq 0$

$I_{E2} = (h_{FE} + 1)\, I_{B2} = 1mA$

$V_{E2} = R_6 I_{E2} = 2.3V$

$V_{B2} = V_{E2} + V_\gamma = 3V = V_{S1}$

$V_{CE2} = V_{C2} - V_{E2} = 6.73V > V_{CEsat} = 0.1V$ → ipotesi 1 verificata

$I_{R4} = \frac{V_{B2}}{R_4} = 1mA$

$I_{S1} = I_{R4} + I_{B2} = 1.01\ mA = I_{D1}$ (dato che $I_{G1} = 0$)

$V_{D1} = V_{CC} - R_3 I_{D1} = 8.97V$

ipotesi 2: Q_1 in saturazione

$I_{D1} = K\,(V_{GS1} - V_T)^2$

$V_{GS1} = V_T \pm \sqrt{\frac{I_{D1}}{K}} = 2V$

si sceglie il segno + in modo tale che $V_{GS1} > V_T$ (come deve essere perché un mos a canale n conduca)

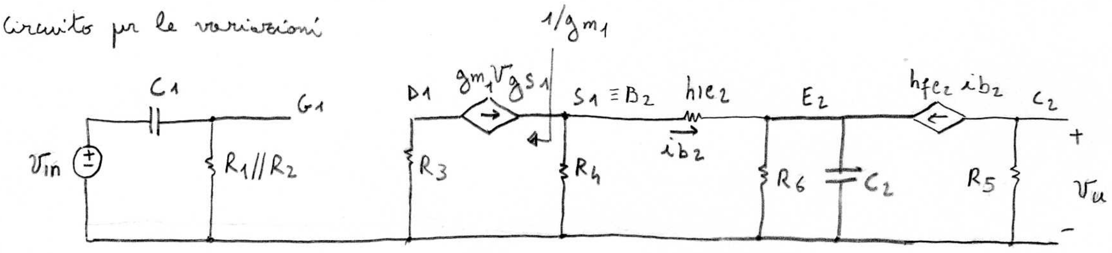
$V_{DS1} = V_{D1} - V_{S1} = 5.97V > V_{GS1} - V_T = 1V$ → ipotesi 2 verificata

$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1} = 5V$

$I_{R2} = \frac{V_{G1}}{R_2} = 1mA = I_{R1}$ (dato che $I_{G1} = 0$)

$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{G1}}{I_{R1}} = 7K\Omega$

3) Circuito per le variazioni



$g_{m1} = 2\ \frac{mA}{V}$

$h_{ie2} = 4.8\ K\Omega$

$h_{fe2} = 100$

$R_1 = 5K\Omega$

$C_1 = 1\mu F$

$C_2 = 100\ nF$

2 condensatori, nessuna maglia impropria → 2 poli

$Av(\infty) \neq 0$ → numero zeri = numero poli → 2 zeri

$$R_{VC1} = R_1//R_2 = 2.5K\Omega$$

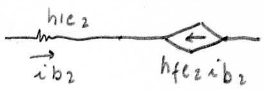
$$\omega_{P1} = \frac{1}{C_1 R_{VC1}} = 400\ rad/s \rightarrow f_{P1} = \frac{\omega_{P1}}{2\pi} = 63.662\ Hz$$

$$R_{VC2} = R_6 // \left(\frac{h_{ie2} + R_4 // \frac{1}{g_{m1}}}{h_{fe2}+1}\right) = 50.6285\ \Omega$$

$$\omega_{P2} = \frac{1}{C_2 R_{VC2}} = 197517.225\ rad/s \rightarrow f_{P2} = \frac{\omega_{P2}}{2\pi} = 31435.843\ Hz$$

C1 è in serie sul percorso del segnale → $\omega_{z1} = 0$.

quando $R_6 // \frac{1}{C_2 s} = \infty$ si ha



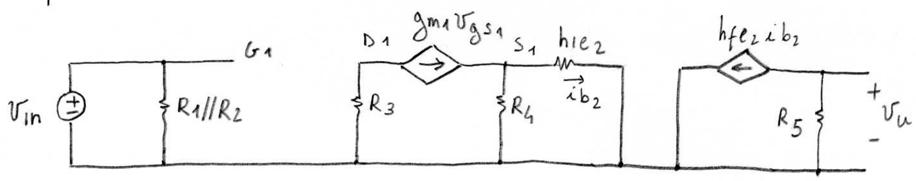
$i_{b2} = -h_{fe2}\, i_{b2} \rightarrow i_{b2}\underbrace{(1+h_{fe2})}_{\neq 0} = 0 \rightarrow$

$i_{b2} = 0 \rightarrow v_u = 0$

$$R_6 // \frac{1}{C_2 s} = \frac{R_6 \frac{1}{C_2 s}}{R_6 + \frac{1}{C_2 s}} = \frac{R_6}{1 + R_6 C_2 s} = \infty \rightarrow 1 + R_6 C_2 s = 0 \rightarrow s = -\frac{1}{R_6 C_2} \rightarrow$$

$$\omega_{z2} = \frac{1}{R_6 C_2} = 4347.826\ rad/s \rightarrow f_{z2} = \frac{\omega_{z2}}{2\pi} = 691.978\ Hz$$

per $\omega \rightarrow \infty$ si ha



$$v_u = -h_{fe2}\, i_{b2}\, R_5$$

$$i_{b2} = g_{m1} v_{gs1} \frac{R_4}{R_4 + h_{ie2}}$$

$$v_{gs1} = v_{g1} - v_{s1} = v_{g1} - (R_4 // h_{ie2})\, g_{m1} v_{gs1} \rightarrow v_{gs1}\left(1 + (R_4 // h_{ie2})\, g_{m1}\right) = v_{g1} \rightarrow$$

$$v_{gs1} = \frac{v_{g1}}{1 + (R_4 // h_{ie2})\, g_{m1}}$$

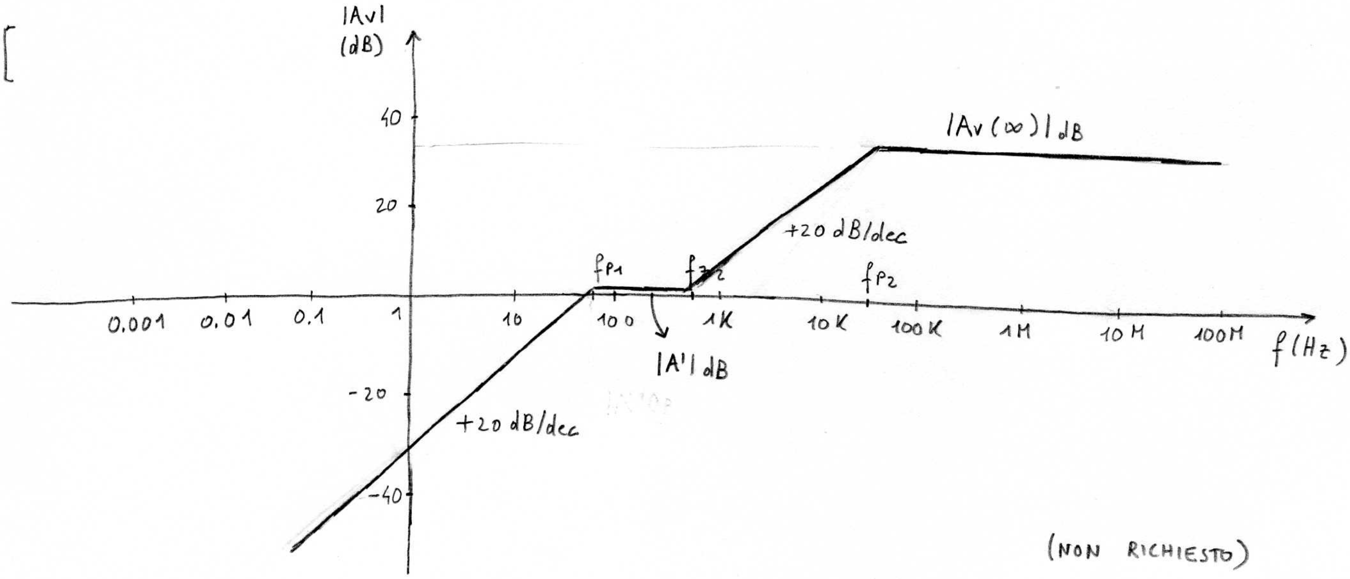
$$v_{g1} = v_{in}$$

$$Av(\infty) = \frac{v_u}{v_{in}} = -h_{fe2} R_5\, g_{m1} \frac{R_4}{R_4 + h_{ie2}} \frac{1}{1 + (R_4 // h_{ie2})\, g_{m1}} = -49.18$$

$$|Av(\infty)|_{dB} = 33.836\ dB$$

$$Av(s) = Av(\infty) \frac{s(s + \omega_{z2})}{(s + \omega_{P1})(s + \omega_{P2})}$$

[

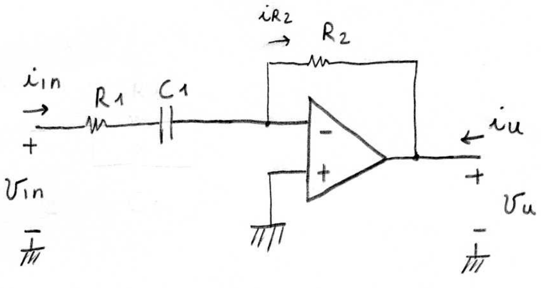


valori NON in dB

$$|A'| = |A_v(\infty)| \cdot \frac{f_{Z2}}{f_{P2}} = 1.08257 \rightarrow |A'|_{dB} = 0.689 \text{ dB}$$

]

4)



$$\begin{cases} v_u = r_f \, i_{in} + r_o \, i_u \\ v_{in} = r_i \, i_{in} + r_r \, i_u \end{cases}$$

per $i_u = 0$ (terminali di uscita lasciati aperti)

$$r_f = \left.\frac{v_u}{i_{in}}\right|_{i_u=0} = -R_2$$

essendo $v_u = -R_2 \, i_{in}$ (dato che per il ccv $i_{R2} = i_{in}$)

$$r_i = \left.\frac{v_{in}}{i_{in}}\right|_{i_u=0} = R_1 + \frac{1}{C_1 s}$$

essendo $v_{in} = i_{in}\left(R_1 + \frac{1}{C_1 s}\right)$ (dato che per il ccv $v^- = v^+ = 0$)

per $i_{in} = 0$ (terminali di ingresso lasciati aperti)

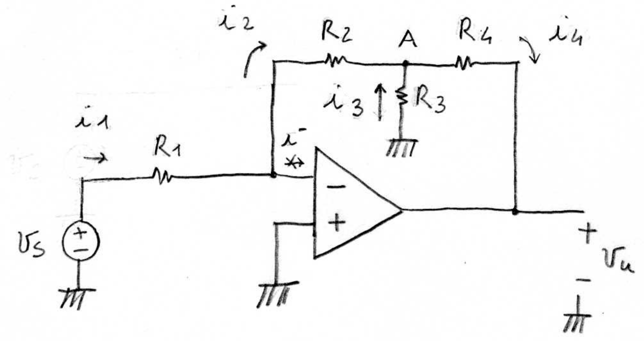
$$r_o = \left.\frac{v_u}{i_u}\right|_{i_{in}=0} = 0$$

essendo $i_{in} = 0$, $v_u = -R_2 \, i_{in} = 0$

$$r_r = \left.\frac{v_{in}}{i_u}\right|_{i_{in}=0} = 0$$

essendo $i_{in} = 0$, $v_{in} = \left(R_1 + \frac{1}{C_1 s}\right) i_{in} = 0$

5)



$v_S = 1\,V$

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1\,K\Omega$

$$i_1 = \frac{v_S}{R_1} = i_2 = 1\,mA$$

($v^- = v^+ = 0$ per il ccv) ($i^- = 0$ per il ccv)

$$v_A = v^- - R_2 i_2 = -\frac{R_2}{R_1} v_S = -1\,V$$

$$i_3 = -\frac{v_A}{R_3} = +\frac{R_2}{R_1}\frac{1}{R_3} v_S = +1\,mA$$

$$i_4 = i_2 + i_3 = \frac{v_S}{R_1} + \frac{R_2}{R_1}\frac{1}{R_3} v_S = \frac{v_S}{R_1}\left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) = 2\,mA$$

$$v_u = v_A - R_4 i_4 = -\frac{R_2}{R_1} v_S - \frac{R_4}{R_1}\left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) v_S = \left[-\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_4}{R_1}\left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)\right] v_S = -3\,V$$