

POLARIZZAZIONE

BJT

Esercizio

12/12/2023

$$Q = (I_C, V_{CE}) = (10 \mu A, 6 V)$$

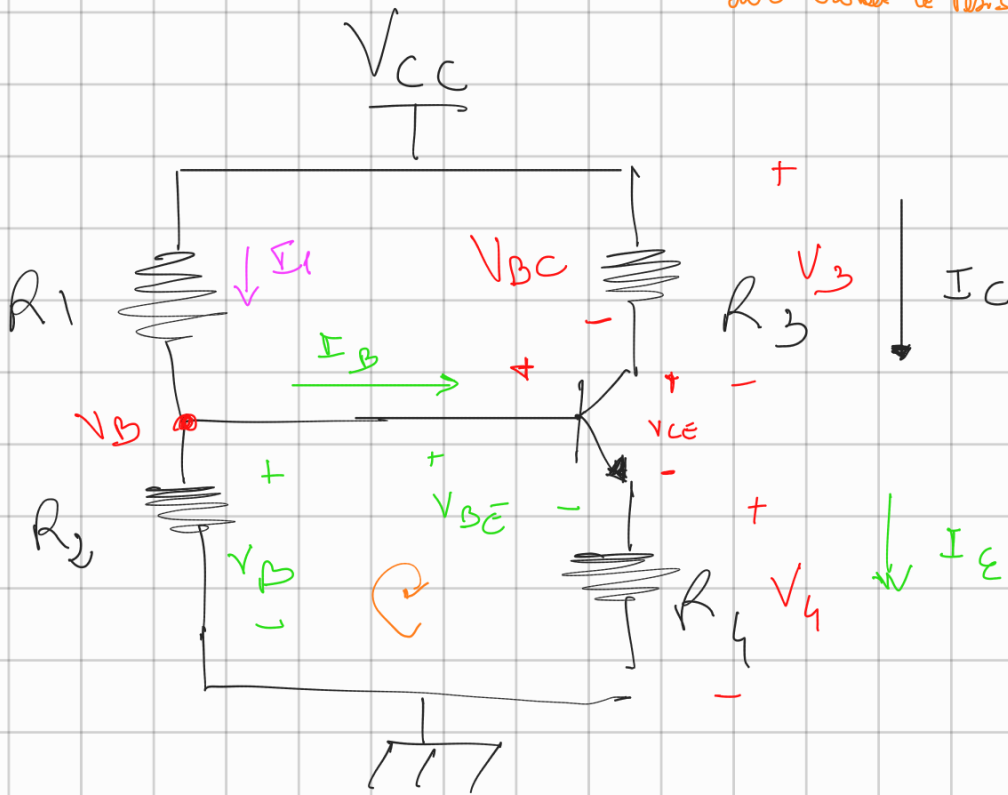
$$V_{CC} = 18 V$$

$$\beta_F = 75$$

Voglio avere questo punto di lavoro.

devo trovare le resistenze

$$\mu = 10^{-6}$$



rete polarizzante.

definisce il punto di lavoro del circuito

INCONTINUA

$$V_{CC} = V_3 + V_{CE} + V_4 \text{ della uscita}$$

Posso distribuire come voglio

$$V_4 + V_3 = V_{CC} - V_{CE} = 12 V = 2 V_3 = 2 V_4$$

Scelgo $V_3 = V_4$, più comodo

$$\text{da Ohm} \quad R_3 = \frac{V_3}{I_C} = \frac{6}{10 \cdot 10^{-6}} = 600 k \Omega$$

$$V_3 = V_4 = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{2} = 6 V$$

$$I_E = I_C + I_B \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta_F}$$

$$\rightarrow I_E = \left(\frac{1}{\beta_F} + 1 \right) I_C \quad I_C = \alpha I_E \quad I_E = \frac{\beta_F + 1}{\beta_F} I_C$$

$$= \left(\frac{1}{75} + 1 \right) 10 \cdot 10^{-6} = 10.13 \mu A$$

$$\Rightarrow R_4 = \frac{V_4}{I_E} = 592.11 \text{ k}\Omega$$

Per trovare R_1, R_2 faccio approssimazione

$V_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$ $\leftarrow$ Suppongo di essere in RAE
rag. attiva di r.d.d.
, sto amplificando. $\Rightarrow$ Suppongo, poi verifico

Da kV moltiplica in basso kV per V_B

$$V_B = V_{BE} + V_4 = 6.7 \text{ V}$$

meno super

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_F} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{75} = 133.33 \text{ nA}$$

Suppongo che Altra supposizione nel ramo deve scorrere abbastanza corrente da mantenerla dentro I_B e dentro R_2

$$I_1 = 10 I_B$$

così sono sicuro di scorrere I_B



$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_B}{I_1} = \frac{18 - 6.7}{1.33 \cdot 10^{-6}} = 8.48 \text{ M}\Omega$$

Senza corrente di base, BJT non funziona

$$\Rightarrow I_2 = I_1 - I_B = 3 I_B$$

$$R_2 = \frac{V_B}{3 I_B} = \frac{6,7}{3 \cdot 133,33 \cdot 10^{-9}} = 5,58 \text{ M}\Omega$$

$$V_{BC} < 0 \text{ deve essere inversa}$$

TROVATE RESISTENZE,
devo verificare che sono in RAI,
altrimenti $V_{BE} \neq 0,7$

$$\begin{aligned} V_{BC} &= V_B - V_C = V_B - (V_{CE} + V_4) = 6,7 - (6 + 6) \\ &= -5,3 \text{ V} < 0, \text{ risultato e' } \end{aligned}$$

valido

• Se non riesce a raggiungere, non era scelto il punto di lavoro

$V_{BE} = 0,7$, allora posso passare
ad aumentare R_4 per essere in RAI, BJT deve avere
 V_{BE} costante

• $V_{BE} = 0,7$ Rende "Sglio" dato pm B-E

Sceglia $I_1 = 10 I_B$ altrimenti non

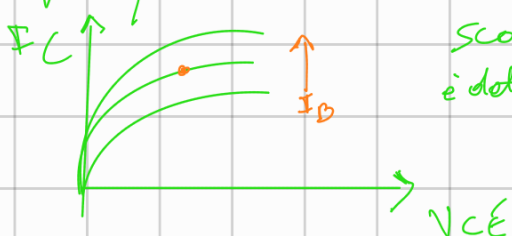
$V_3 = V_4$, esercizio con più vincoli.

BJT

AMPLIFICAZIONE ed EMENTAZIONE COMUNE

per punto di lavoro

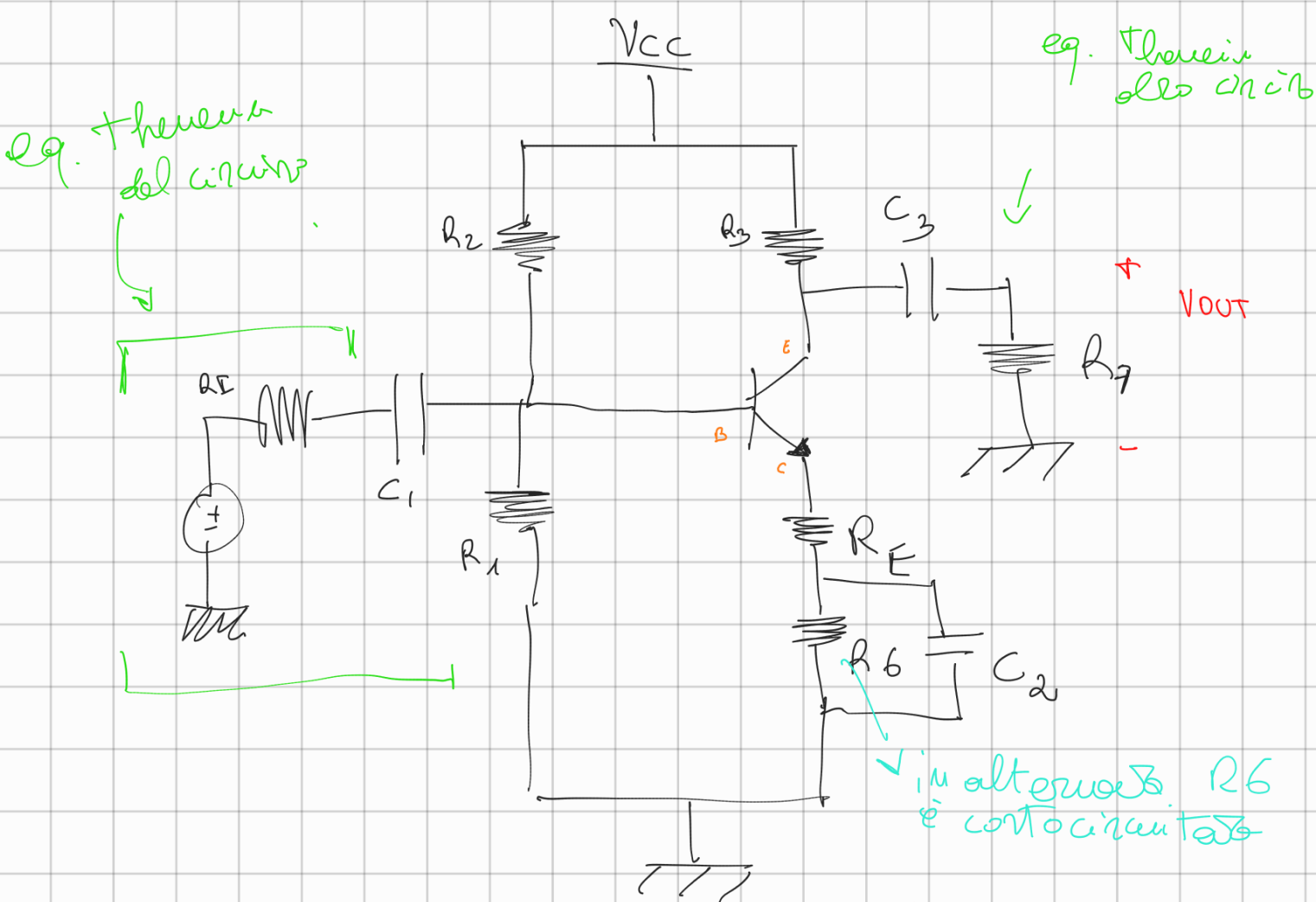
stessa rete di polarizzazione



Scopo della rete di polarizzazione
è determinare il punto di lavoro

$$|Z| = \frac{1}{\omega C} \quad \omega \rightarrow 0$$

Considerando
perché in
continua con
C. a.



Elemento con, non c'è attacco niente
 emettitore comune, ingresso base
 uscita collettore

collettore comune, in B
 OUT C

$$V_{out} = i_{out} R_{out}$$

Determino punto di lavoro

$$|Z_L| = \frac{1}{\omega C}$$

ho le resistenze, trovo il
 punto di lavoro

in un'altra
 ora diverso, conosco V_{CC} , le R

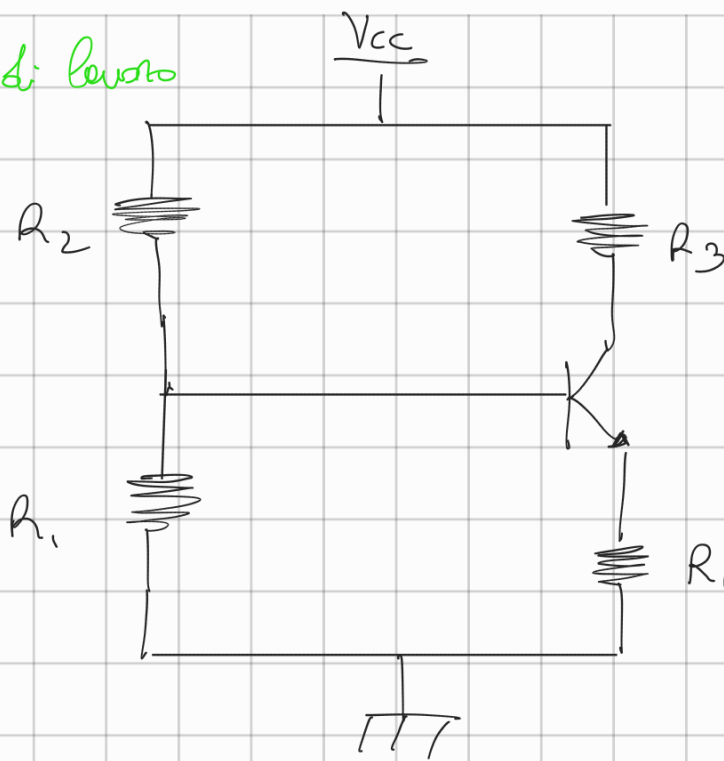
• $\beta_F = 100$ $V_{cc} = 50V$ $V_C = 12V$ $R_E = 2k\Omega$
 $V_{ceq} = V_A$

$R_1 = 160k\Omega$ $R_2 = 300k\Omega$ $R_3 = 2k\Omega (?)$

$R_E = 3k\Omega$ $R_6 = 10k\Omega$ $R_7 = 100k\Omega$

Circuito in continuo

1) Q, Punto di lavoro



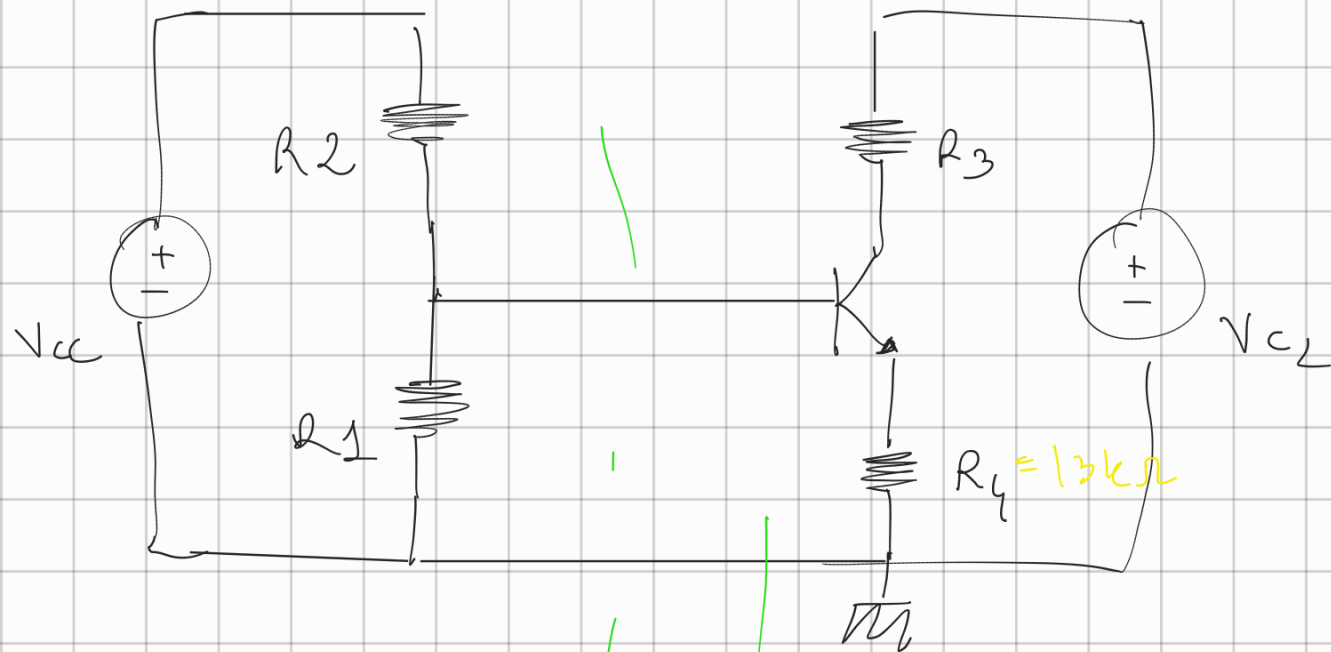
• emitter come
ingresso e' della base.
uscita sul collettore

• Collettore come, in
base, out emitter
• base come, uscita collettore
e in emitter

$$R_4 = R_E + R_6 = 13 \text{ k}\Omega$$

Voglio trovare
Punto di lavoro

Ho 2 generatori v.c



faccio una divisione,
cosa succede a $D \times$
e cosa a $S \lambda$

Faccio Eq. Thevenin

Tensione del

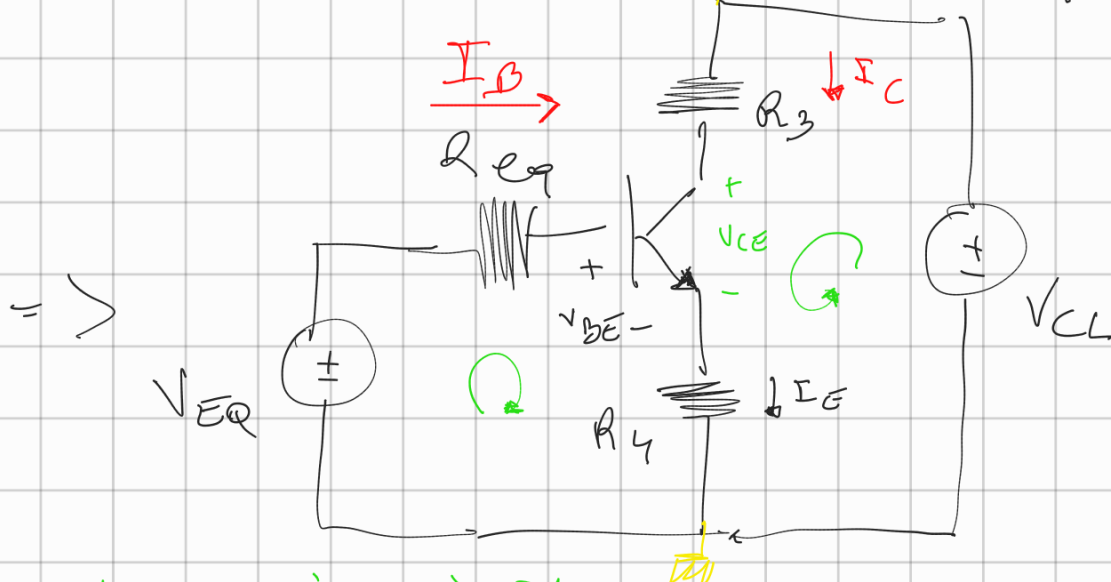
morsetto:

$$V_{EQ} =$$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{CC} = 4,17 \text{ V}$$

$$R_{eq} = R_1 // R_2 = 104 \text{ k}\Omega$$



• supponiamo siano in RAO

vero se siamo in SAT

Supponiamo di essere in RAO

$$I_C = \beta_F I_B = 100 I_B$$

$$I_E = (\beta_F + 1) I_B = 101 I_B$$

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V} \quad \text{Per risolvere, 2 meglio}$$

$$\begin{cases} V_{eq} = I_B R_{eq} + V_{BE} + 101 R_E I_B \\ V_{CC} = 100 R_C I_B + V_{CE} + 101 R_E I_B \end{cases}$$

2 eq
in 2
incognite

$$\Rightarrow \begin{cases} I_B = 2,45 \mu\text{A} \\ V_{CE} = 3,39 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow I_C = 0,245 \text{ mA}$$

$$V_{eq} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} = 4,17 \text{ V}$$

verifico che sono in RAD

$V_{DC} < 0$

$$V_{DC} = V_{BE} - V_{CE} = V_B - V_E - (V_C - V_E)$$

Sono in Reg. diretta

$$(V_{BE} = 0,7 \text{ V})$$

$\Rightarrow$

$$0,7 \text{ V} < 3,39 \text{ V}$$

$V_{BE} \qquad V_{CE}$

$$P(I_C, V_{CE}) = (245 \mu\text{A}, 3,39 \text{ V})$$

$\Rightarrow$

$V_{DC} < 0$
Sono in RAD!

$\rightarrow$ too I_B

- (CALCOLO GUADAGNO dell'amplificatore
lavoro in alternata, lavoro alla
 $f = f_s$ del generatore in alternata

Condensatore e. disaccoppiamento
disaccoppio, stacco le 3 port. del
circuit in continuo (in, out, at) C bypass

$\rightarrow$ in alternata voglio che servano
Boscevolg i condensatori

Voglio che alla frequenza si
lavoro loro stacco del carb
circuiti

DISACCOPIO WGNESSE, AMP e USCITA

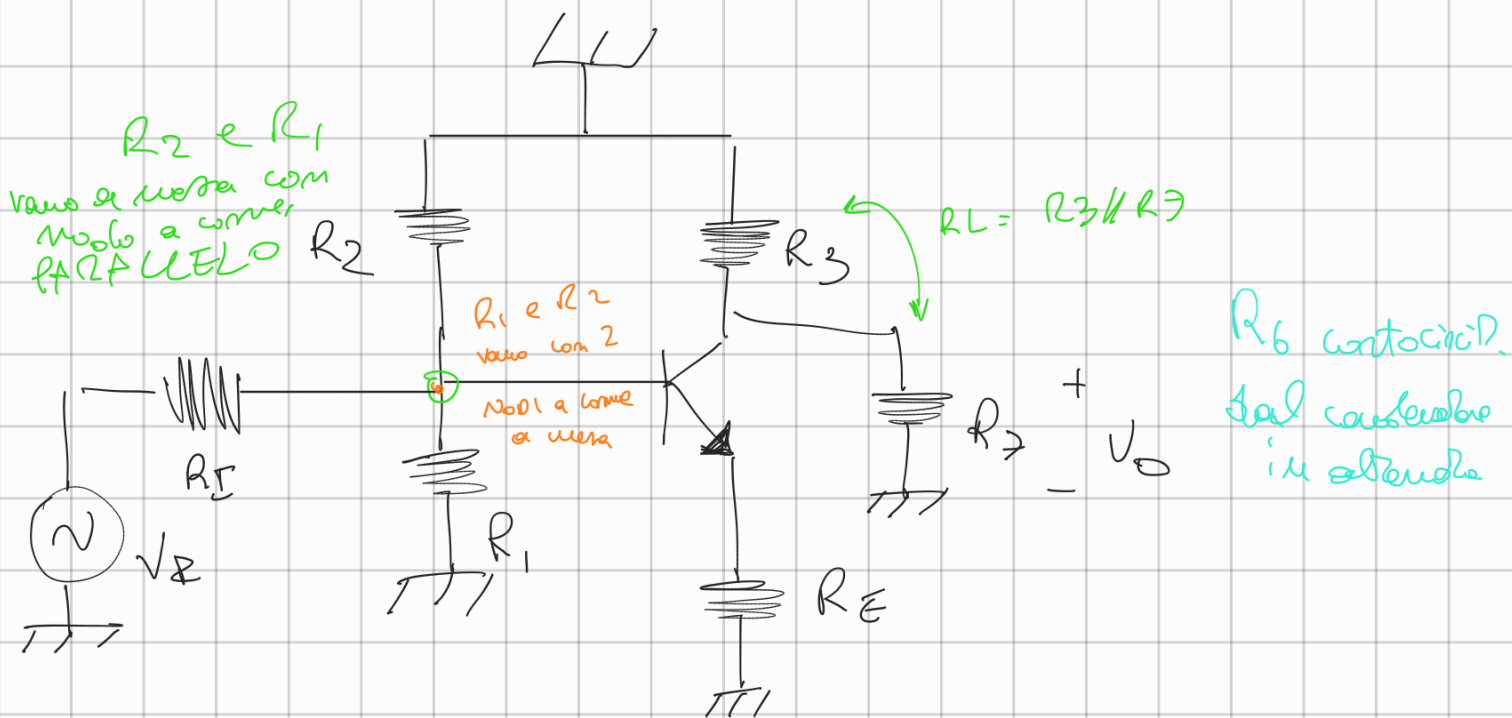
Suppongo si spreghere V_{CC} , 0 V, e
messa, non da un contributo alle variazioni

V_{CC} mi serve solo per polarizzare

comportamento in alternata ho
solo segnali alla freq. f_s

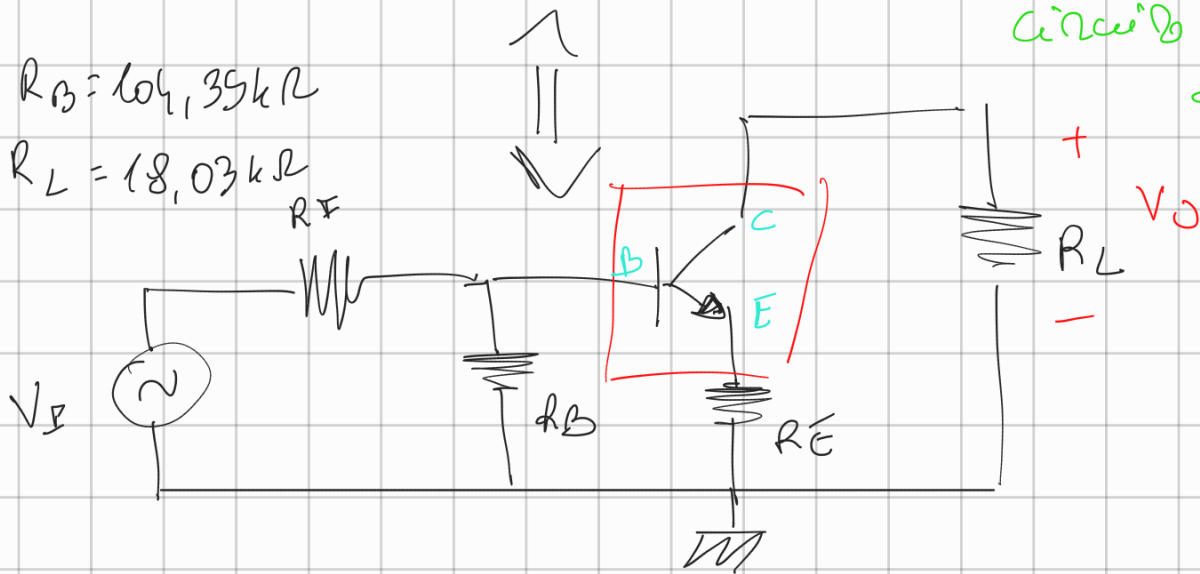
R_B caso se non ci fosse

V_{DC} non da contributo, è a massa



• $R_B = 104,35 k\Omega$

• $R_L = 18,03 k\Omega$



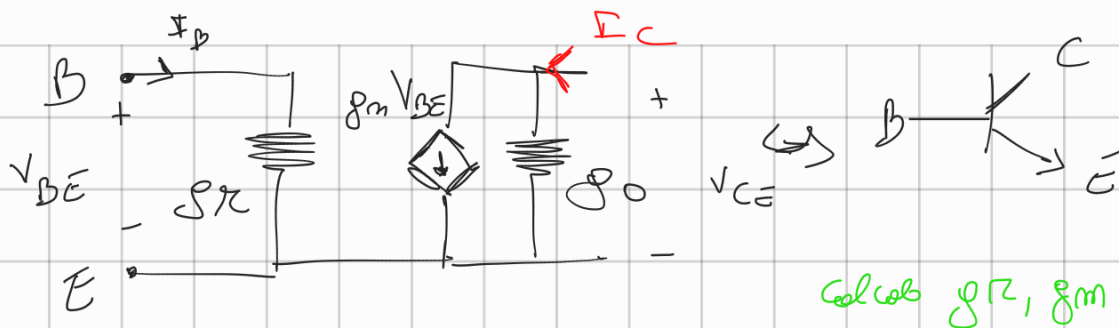
1) Brevi prova punto di lavoro, BJT non lineare, applico segnale SINUS. PICCOLO, mi muovo lungo un intorno del punto di lavoro, sostituisco

allora il BJT con circuito equiv. che me condiz il comportamento

Sappiamo di essere in MAD e applico V_E piccolo, mi muovo in un piccolo intorno

IN QUESTE CONDIZIONI

CIRCUITO LINEARIZZATO



Calcolerò g_{π} , g_m e g_o

Se sono in UMD

$$\Rightarrow I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A} \right) \quad \left. \vphantom{\frac{V_{BE}}{V_T}} \right\} \text{Se sono in PND}$$

Linearizzo I_C
al primo ordine

$$I_C \approx \left. \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \right|_{P_{lavoro}} \cdot V_{BE} + \left. \frac{\partial I_C}{\partial V_{CE}} \right|_{P_{lavoro}} \cdot V_{CE} \quad + \text{Componente CONTINUA che trascurerò}$$

g_m g_o

$$\Rightarrow \beta_F = \frac{I_C}{I_B} \quad \cdot \quad g_{\pi} = \frac{g_m}{\beta_F}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$g_m = \frac{I_S}{V_T} \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A} \right) e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} = \frac{I_C}{V_T}$$

$$= \frac{I_C}{V_T} = \frac{245 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-3}} = 9.8 \text{ mS}$$

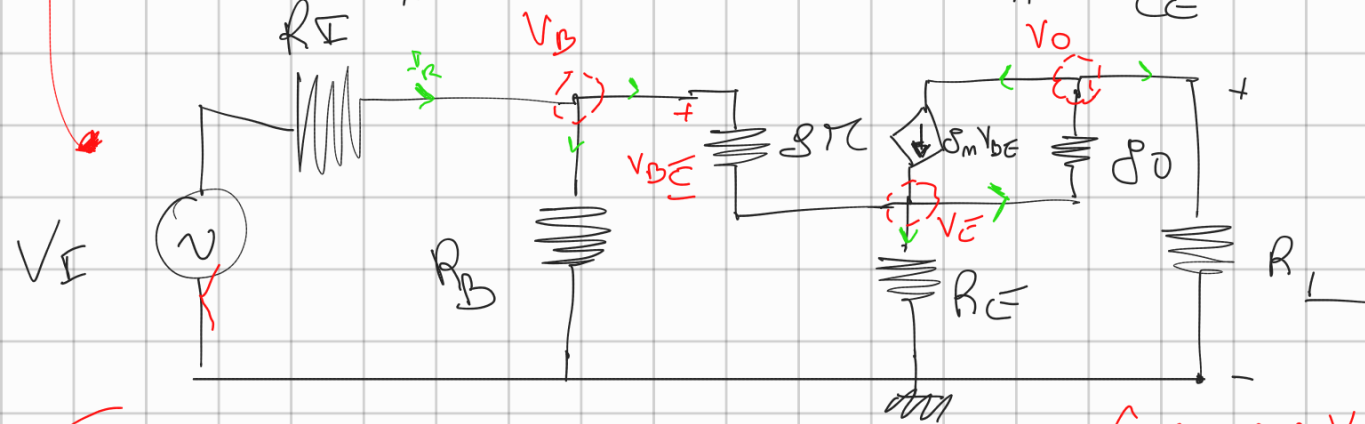
$$\Rightarrow g_{\pi} = \frac{g_m}{\beta_F} = 38 \mu\text{S}$$

Ho 1 PARAMETRO COSTRUISCO CIRCUITO

il circuito in cui ho a piccoli segnali con BJT equivalente

$$g_o = \frac{I_S}{V_A} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} = \frac{I_C}{V_A} = 4,59 \mu S$$

$50V = V_A + V_{CE}$



GUADAGNO: $\frac{V_O}{V_I}$

1) $\frac{V_I - V_B}{R_I} = \frac{V_B}{R_B} + g_{\pi} (V_B - V_E)$

risolvere applicando KIRCHHOFF
con K a V_B

2) $g_{\pi} (V_B - V_E) + g_m (V_B - V_E) = \frac{V_E}{R_E} + g_o (V_E - V_O)$

avere che V_I è
risolvere, tutto per
e dividere

3) $g_o (V_E - V_O) = g_m (V_B - V_E) + \frac{V_O}{R_L}$

? V_B, V_E, V_O .
3 eq in 3 incognite

risolvere il sistema nelle 3 incognite

$$A_V = \frac{V_O}{V_I}$$

$$V_O = A_V - V_I$$

• Risolvere con
V_I

V_I supponiamo ci conosciuto

⇒ 1) $\frac{V_I}{R_I} + g_{\pi} V_E = \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_B} + g_{\pi} \right) V_B$

Mettere in ordine
 V_B

5. $10^{-4} V_I + 9,8 \cdot 10^{-5} V_E = 6,29 \cdot 10^{-4} V_B$

conoscendo V_I , sostituisco

$$(2) (g_m + g_R) V_B + g_o V_o = \left(\frac{1}{R_E} + g_m + g_R + g_o \right) V_E$$

$$3,8 \cdot 10^{-4} V_B + 4,58 \cdot 10^{-6} V_o = 1,202 \cdot 10^{-2} V_E$$

$$(3) (g_m + g_o) V_E = g_m V_B + \left(\frac{1}{R_i} + g_o \right) V_o$$

$$9,8 \cdot 10^{-3} V_E = 3,8 \cdot 10^{-3} V_B + 6,01 \cdot 10^{-5} V_o$$

$$\Rightarrow A_V = -5,1$$

Risolvendo il sys. Trovo V_o, V_i, V_E

Determinare Valori C_1, C_2
affluendo Dato dei C.C.

in alternata voglio che
sia zero dei c.c.

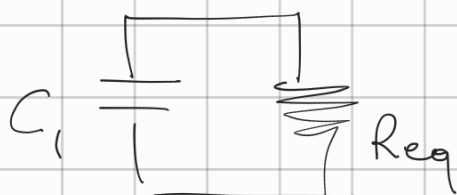
• devo avere valori per condensatori

$$|Z_S(\omega_S)| \approx 0, \text{ dipende dal } \left| \frac{1}{Z_{S,C}} \right| \approx 0$$

va dimensionato in base alla ω_S in cui lavoro

$$\omega_S = 2\pi f >$$

lavoro ad una certa ω_S , devo dimensionare
vero se l'impedenza che offre è molto
più bassa di quello a cui voglio



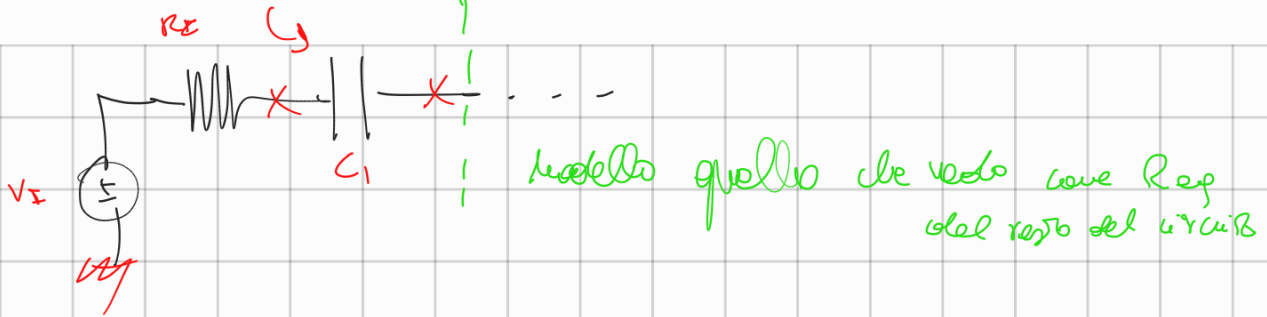
$$|Z_C| \ll R_{eq}$$

ai suoi Terminali

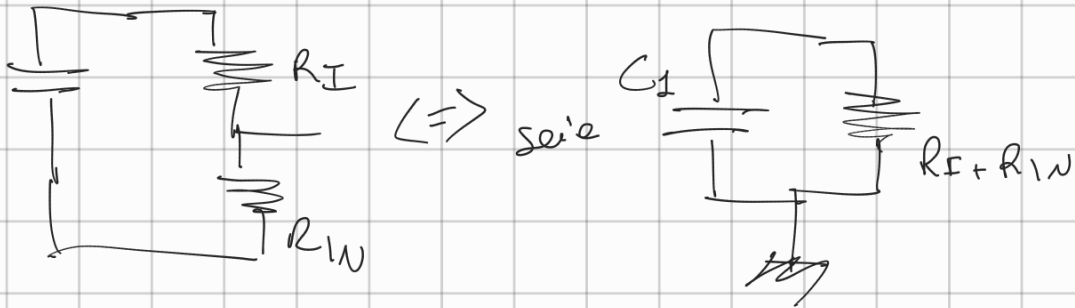
$\rightarrow R_{eq}$ è la resistenza
eq che vedo
ai Terminali
il condensatore

R_{eq} dipende da cosa a cosa

Trovo la R_{eq} che vedo ai 2
terminali del C



es. Nel nostro caso



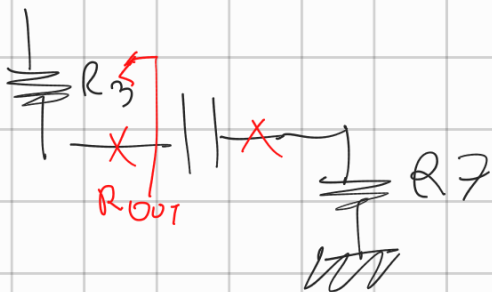
Voglio che valga questa condizione

$$\frac{1}{2\pi f_s C_1} \ll R_I + R_{IN} \quad (R_s = 1 \text{ kHz})$$

deve valere che

$$C_1 \gg \frac{1}{2\pi f_s (R_I + R_{IN})} \text{ per } C_1$$

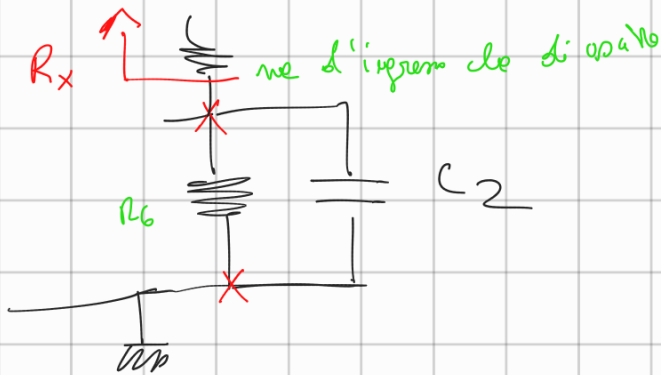
• Nel caso della C_3



$$C_3 \gg \frac{1}{2\pi f_s (R_3 + R_{OUT})}$$

$$C_2 \gg \frac{1}{2\pi f_s (R_6 \parallel R_x)}$$

R_6 e R_x sono in 2 nodi a capo



R_x, R_{in} e R_{out}

$R_{eq} \rightarrow R_{eq}$ Thevenin di BJT analog. associato

calcoli da fare con circuito linearizzato in AC

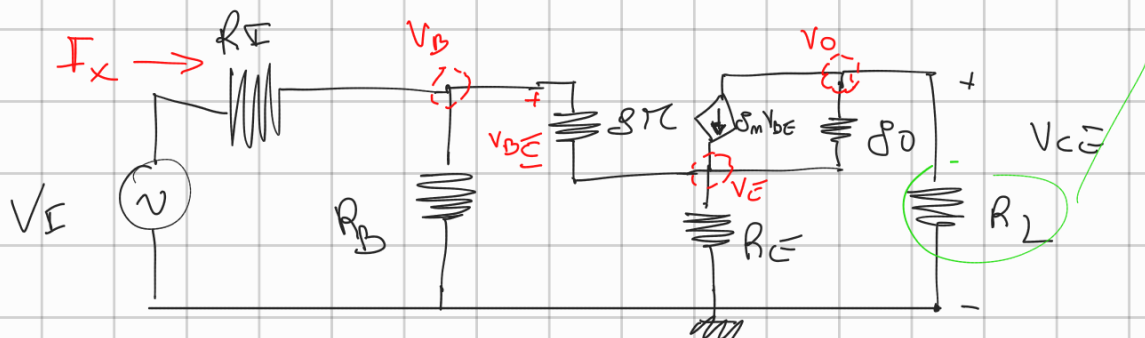
Avvertenza, prima sono messo in parallelo le 2 resistenze, nel modello a piccoli segnali, $R_3 \parallel R_7 = R_L$
Per la resistenza in uscita, lo stesso si mette

questi calcoli vanno fatti dopo aver determinato il punto di lavoro

$$R_{IN} = \frac{V_x}{I_x}$$

e voglio calcolare R_{IN}

Thevenin ingresso



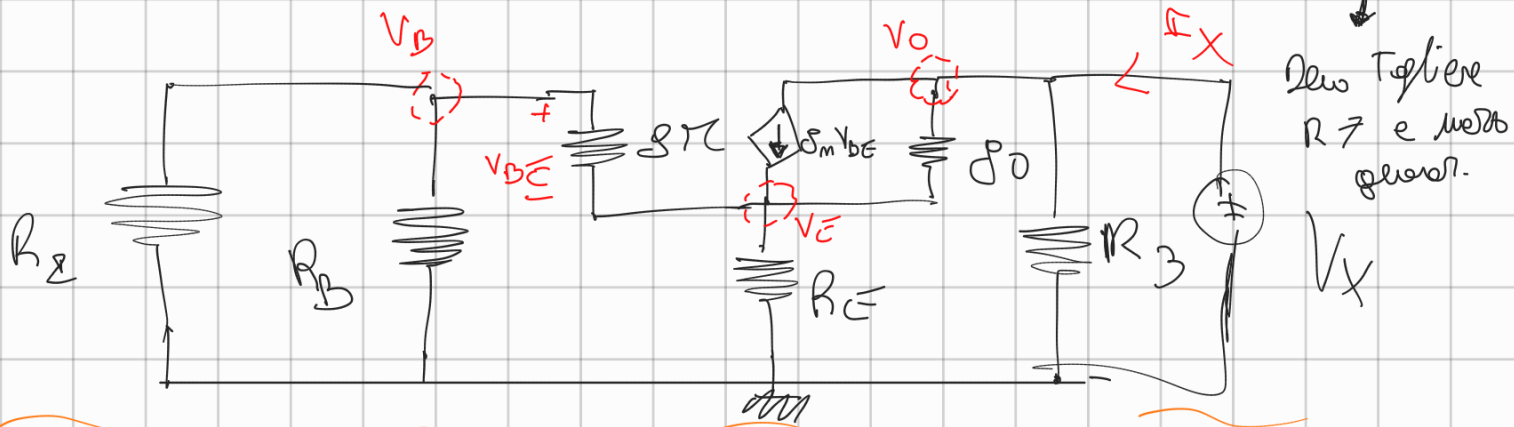
uso di Prime

R_{eq} vanno fatti sul circuito LINEARIZZATO in AC

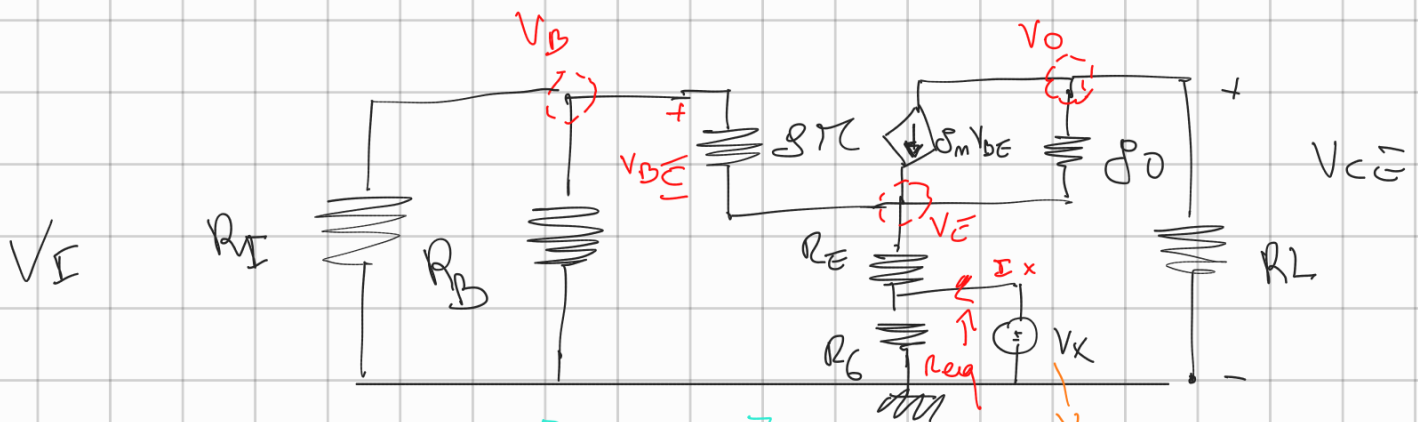
• per R_{OUT} devo seguire V_i , da V_x , Trovo I_x per eq. Thevenin

Se tolgo R_L , Tolgo R_7 e R_3

se devo R_L , devo lasciare R_3



per R_x ?



quasi Brown $\rightarrow$
 R_6 e pi carico $R_{eq} + R_6$ su R_x

V_x è posto di C_2 ,
 dopo essersi
 la resistenza
 $R_6 || R_x$

Esercizio per

l'effetto collare

altrimenti tolgo
 R_6 e calcolo
 R_{eq}

Formulas are always in
for all the exercise