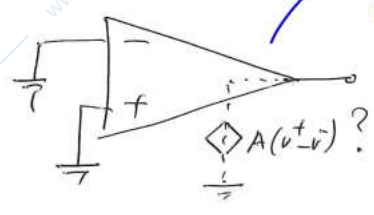


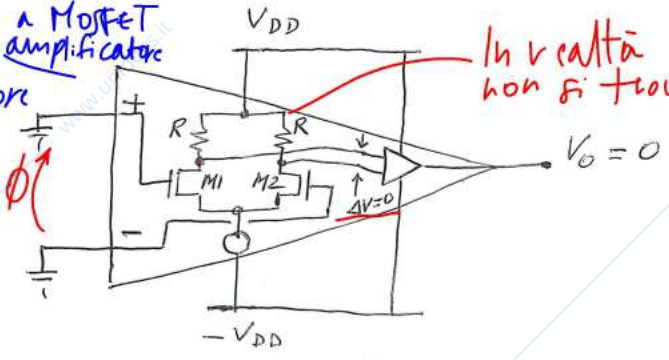
TENSIONE DI OFFSET (V_{OS}) NEGLI A.O.

Esperimento: Se poniamo a massa gli ingressi (morsetti + e -) dovremmo trovare V_O nulla, ma nella realtà in DC troveremo una V_O non nulla
 $V_O = V_{O,offset} \neq 0!$



Idealmente, lo stadio di ingresso di un A.O., (stadio differenziale pilotato dai 2 ingressi v^+ e v^-) è perfettamente simmetrico e ciò dà una tensione di uscita V_O in DC nulla.

Stadio a MOSFET fa da amplificatore sottrattore (diff.)



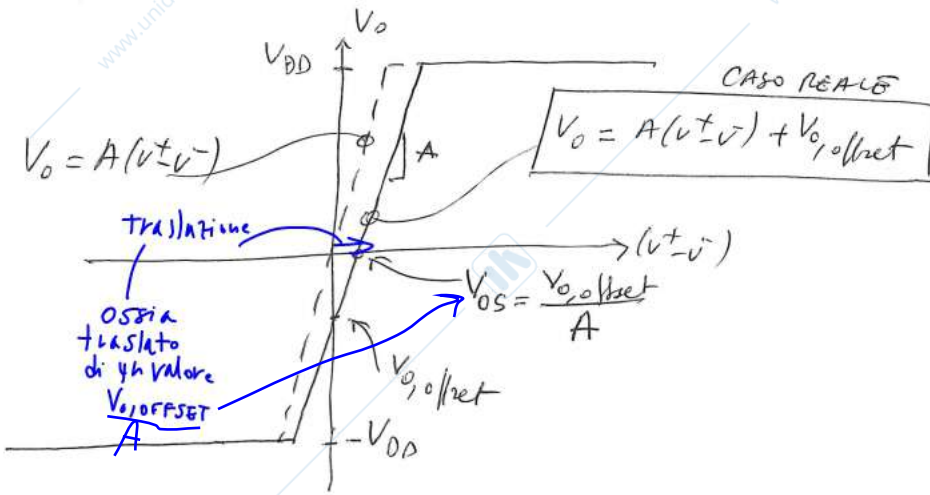
In realtà i 2 MOSFET non si trovano nelle stesse condizioni

STRUTTURA INTERNA

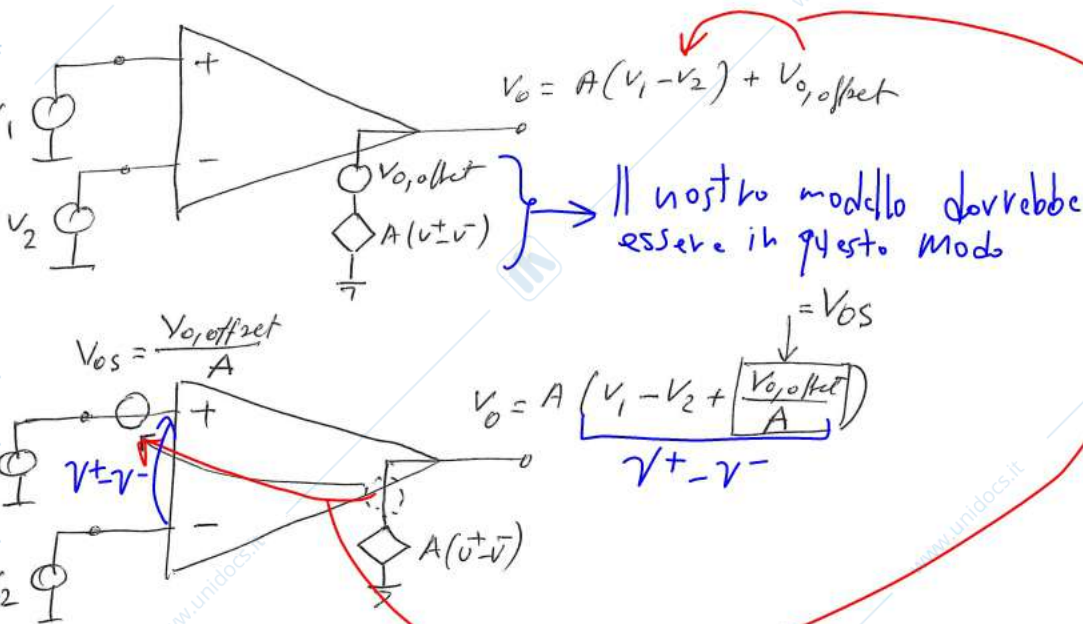
ci sono delle piccole asimmetrie che non rendono nulla l'uscita (differenza) nulla

Le inevitabili asimmetrie dei 2 rami dello stadio differenziale (V_t e k_n dei MOSFET $M1$ e $M2$, resistenza di carico R) e l'elevata sensibilità dello stadio (si vuole avere A grande!) fa sì che la tensione V_O abbia un valore DC generalmente non nullo.

Graficamente corrisponde ad una traslazione della caratteristica in-out dell'A.O.:

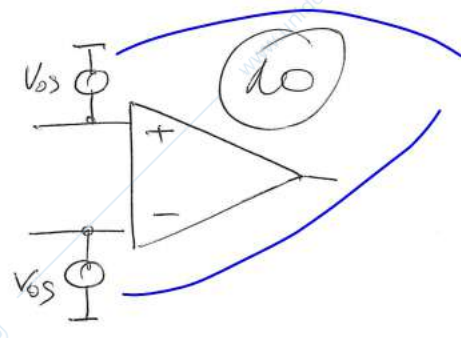
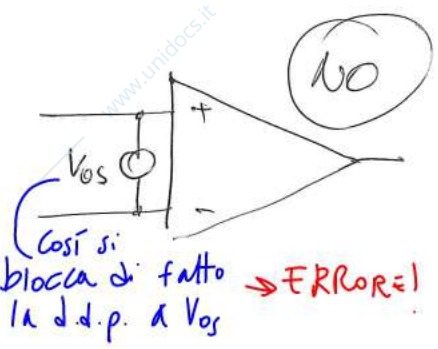


Adattiamo quindi il nostro modello circuitale dell'A.O. al caso reale.



riperto il terminale $V_{o,offset}$ all'ingresso (con un generatore fittizio)

GLI ERRORI COMUNI DA EVITARE



V_a di sovrapposto ai generatori si clipa in questo modo
↓
ERRORE!

PROPRIETA' DI V_{os}

- generalmente di pochi mv, dipende dalla tecnologia
- è una grandezza lentamente variabile, è generalmente assunta una grandezza DC.
- non è nota la V_{os} di un singolo A.O. (a meno che non la misuriamo noi!).

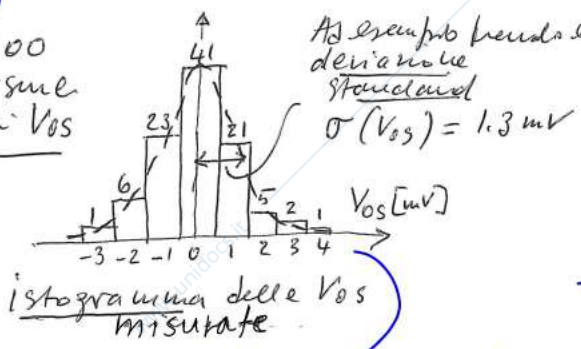
→ è molto piccolo come valore
↓
traslazione minima (vedi grafico AO di prima)

→ possiamo assumerlo come un generatore costante DC

Facciamo un tot. di misure

La scheda tecnica del produttore ("data sheet") fornisce un dato statistico, dedotto dall'analisi della misura di V_{os} in un gruppo rappresentativo di A.O. dello stesso tipo/lotto di produzione.

100 misure di V_{os}



$V_{os} = \pm 1.3 \text{ mV}$

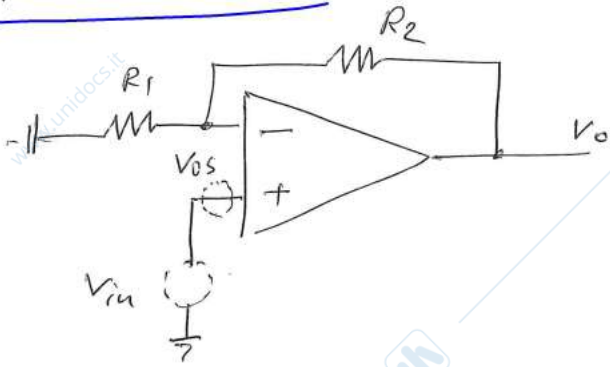
significa quindi che un A.O. di quel tipo può avere V_{os} compresa tra $-1.3 + 1.3 \text{ mV}$

Ci dice che mediamente V_{offset} è nulla

↓
ma non è possibile si può prendere la deviazione standard

Stima: compresi tra 2 valori (pos, neg)
↓
OFFSET
↓
In generale V_{os} può essere un offset tra i tanti valori dell'istogramma

MISURA DI V_{OS}



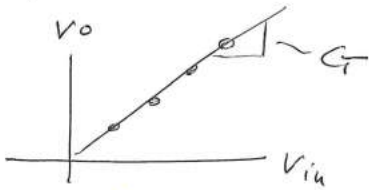
1) con $V_{in} = 0$ misuro l'uscita DC dovuta a V_{OS}

$$V_O = V_{OS} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

2) Determino V_{OS} direttamente dalla relazione

$$V_{OS} = \frac{V_O |_{V_{OS}}}{\left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)}$$
 uso il valore noto delle resistenze

oppure misuro il guadagno G_T della conf. non-invertita con V_{in} :



$$\Rightarrow V_{OS} = \frac{V_O |_{V_{OS}}}{G_T}$$

posso anche misurare direttamente il guadagno (pendenza curva) sperimentalmente

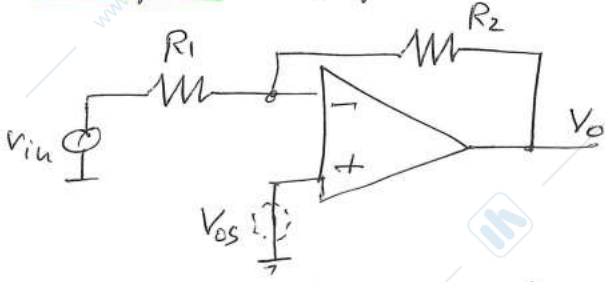
CALCOLO EFFETTI di Vos

→ SI USA LA Sovrapposizione degli EFFETTI.

Esempio: amplif. invertente

Consideriamo il guadagno asintotico

P.S. ci si limita all'approssimazione a risultato del guadagno



in assenza di Vos: $V_o/V_{in} = V_{in} \cdot \overbrace{\left(-\frac{R_2}{R_1}\right)}^{G_{id}}$

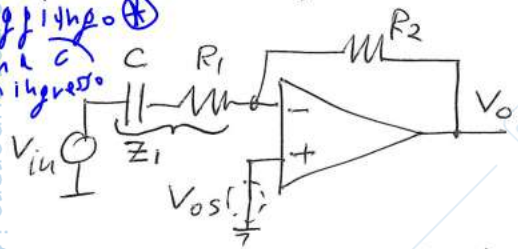
effetto della sola Vos: $V_o/V_{os} = V_{os} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$ → Come conf. non invert.

⇒ IN GENERALE: $V_o = V_o/V_{in} + V_o/V_{os}$ → Si sommano le tensioni non le FdT

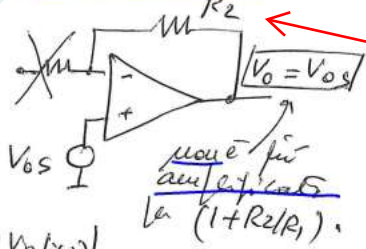
Possibile riduzione di V_o/V_{os} riducendo il guadagno in DC di $\frac{V_o}{V_{os}}$.

Az. es. nel caso precedente:

Appoggio \oplus in ingresso



Effetto di Vos:

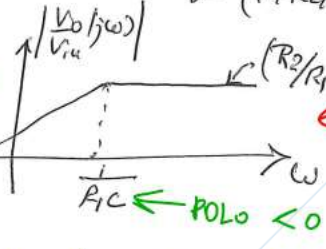


~~Si dice un accoppio una corrente alternata (AC)~~

in DC cond. si apre

Però ho modificato la FdT $\frac{V_o}{V_{in}}$:

$$\frac{V_o(s)}{V_{in}} = -\frac{R_2}{Z_1} = -\frac{SC R_2}{1 + SC R_1}$$
 Ho introdotto uno zero e un polo (PASSA-ALTO). Soluzione adatta se $f_{in} \gg \frac{1}{2\pi R_1 C}$.



PASSA-ALTO

Possò cercare di filtrare e ridurre l'effetto indesiderato di OFFSET

Cambia anche il rapporto tra V_o e V_m

poiché $Z_1 = \frac{1}{j\omega C} + R_1$

impedenza condensatore

$$\hookrightarrow \frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_2}{Z_1} = \frac{-R_2}{\frac{1}{SC} + R_1} = -\frac{SC R_2}{1 + SC R_1}$$

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

CORRENTI DI POLARIZZAZIONE (BITS)

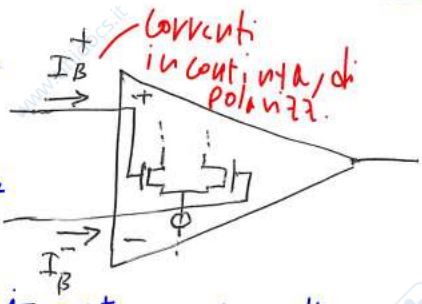
NEGLI A.O.

Per vedere a

cosa sono dovuti dobbiamo analizzare la struttura interna dell'amplificatore

MOSFET

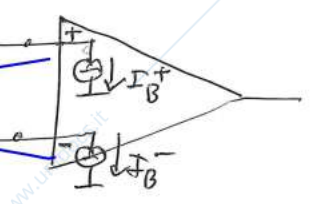
hanno bisogno di una piccola corrente per lavorare



I 2 terminali di ingresso di un A.O. devono far fluire una (fissa) corrente di polarizzazione (bias) che alimenta i dischi dello stadio di ingresso.

non sono quindi nulle o modello circuitale!

mettiamo quindi dei pch. cost. di corrente



Dati del produttore: nella maggior parte dei casi I_B+ e I_B- sono considerate uguali

$$I_B = \frac{I_{B+} + I_{B-}}{2} \quad \text{INPUT BIAS CURRENT}$$

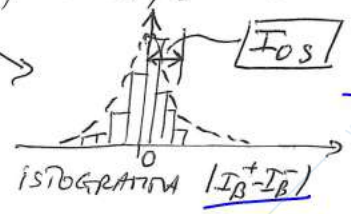
$$I_{OS} = |I_{B+} - I_{B-}| \quad \text{INPUT OFFSET CURRENT}$$

• dipende dalla tecnologia / ordine di femto e pico Ampere

- ↳ MOSFET, JFET → $I_B \sim \mu A, pA$
- ↳ BJT (npn/npn) → $I_B \sim 100 nA$ entrante (npn) uscente (pnp)

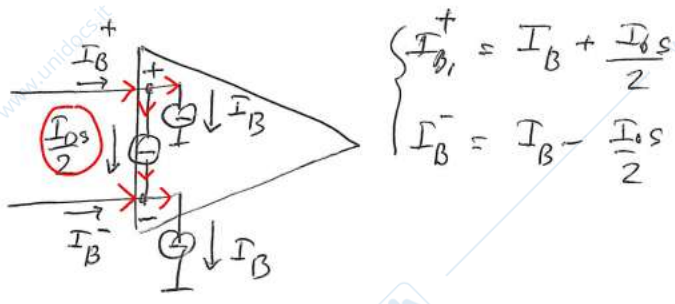
• I_B, I_{OS} variano lentamente nel tempo, si assumono grandette DC. poiché variano lentamente si considerano DC

• I_{OS} è tipicamente 1 ordine di grandezza inferiore a I_B . Come per V_{OS} , non è noto il segno di I_{OS}



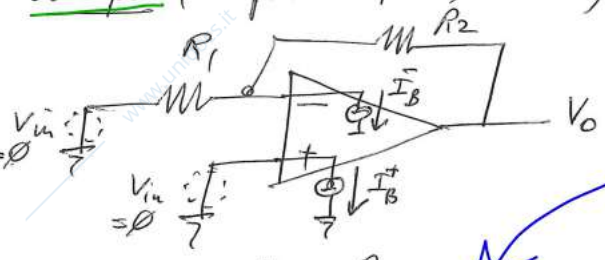
la diff. $(I_{B+} - I_{B-})$ non ha segno così come I_{OS}

• modello alternativo de uette in luce I_B, I_{os} :

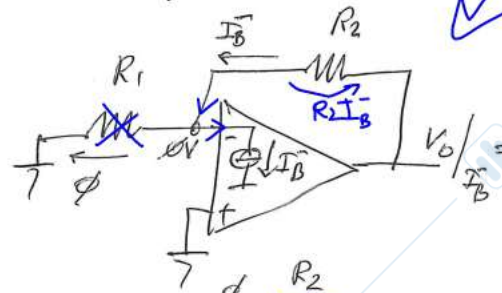


▷ Effetti delle correnti di polarizzazione
 un il principio di sovrapp. effetti considero solo
 si gen. di corrente di polarizzazione.

Esempio (conf. inv. oppure non-inv.) → Una volta spenti i generatori è indiff.



Sovrapp. eff. ti:
 • accendiamo prima solo I_B^-
 • accendiamo poi solo I_{os}^+
 se trascuriamo I_{os}



$R_2 I_B^- \approx R_2 I_B$ (se trascuriamo I_{os})

Sovrapp. ondo gli effetti:

$\Rightarrow V_o / I_B^+ = R_2 I_B$

Paie un limite al
 valore di R_2 .
 (in genere conta il rapporto
 di resistenza nel definire i)

Possiamo vedere l'impatto di queste correnti di polarizzazione
 prendendo una R_2 piccola.

↓
 nonostante per produrre vogliamo aumentare $\frac{R_2}{R_1}$, ma questo non
 implica che il valore assoluto di R_2 debba essere grande, ma solo
 che R_2 sia più grande di R_1

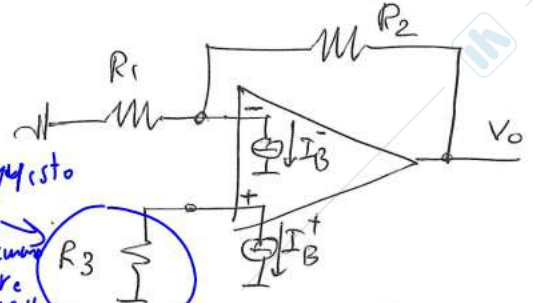
↳ per avere un rapporto + vantaggioso

□ Compensazione di I_B^+ , I_B^-

Abbiamo una "copia" di questa corrente in uscita derivata, con la stessa dipendenza da temperatura, tempo, etc. → cerchiamo di cancellare gli effetti di I_B^+ e I_B^- vicendevolmente sulla V_{out} .
 Per "attivare" l'effetto di I_B^+ aggiungo R_3 :

→ Gli effetti di I_B^+ e I_B^- in uscita sono discordi
 ↳ potremmo quindi avere in uscita una cancellazione
 potrebbe ridurre ancora di + gli effetti

In questo modo potremmo ottenere un effetto di I_B^+ in uscita → da sottrarre all'effetto dovuto a I_B^-



$V_o |_{I_B^-} = R_2 I_B^-$ (config. non invertente)
 $V_o |_{I_B^+} = (-R_3 I_B^+) (1 + \frac{R_2}{R_1})$

$\Rightarrow V_o = I_B^- (R_2) - I_B^+ (R_3 \frac{R_1 + R_2}{R_1})$ (Assumiamo per semplicità $I_B^- = I_B^+ = I_B$)
 ↳ $I_B [R_2 - R_3 \frac{R_1 + R_2}{R_1}] \stackrel{\text{e trovo}}{=} \phi$ (impongo $V_o = 0$)

dovremo scegliere R_3 in modo da bilanciare gli effetti

$\Rightarrow R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

con questo valore ottengo la cancellazione cercata al modo di uscita V_{out} (con altre!)
 ↳ solo sul modo di uscita → infatti ho imposto $V_{out} = \phi$

CANCELLAZIONE EFFETTI DI I_B^+ E I_B^- SUL NODO DI USCITA

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

Ricordiamoci che I_B^+ e I_B^- non sono identiche ($I_{os} \neq 0$), per cui vale la pena di studiare la tensione di uscita considerando ora che

$$\begin{cases} I_B^+ = I_B + \frac{1}{2} I_{os} \\ I_B^- = I_B - \frac{1}{2} I_{os} \end{cases} \quad (\text{via analitica})$$

Mantenendo la scelta trovata (e $R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$) si avrà:

$$V_o = \left. \frac{V_o}{I_B} \right|_{I_{os}=0} + \left. \frac{V_o}{I_{os}} \right|_{I_B=0} = \text{ci rimane solo un termine dovuto a } I_{os}$$

$$= \underbrace{\left(I_B - \frac{1}{2} I_{os} \right)}_{I_B^-} \cdot R_2 - \underbrace{\left(I_B + \frac{1}{2} I_{os} \right)}_{I_B^+} \left(\frac{R_3}{R_1} \right) =$$

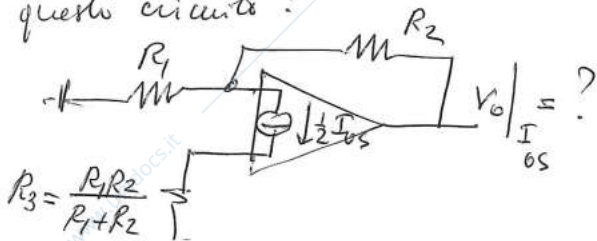
$$= -\frac{1}{2} I_{os} [R_2 + R_2] = -I_{os} R_2 \quad \rightarrow \text{il segno è indifferente}$$

sappiamo che non è noto il segno $\pm I_{os}$
 $\Rightarrow \left. \frac{V_o}{I_{os}} \right|_{I_B, I_{os}} = \pm R_2$

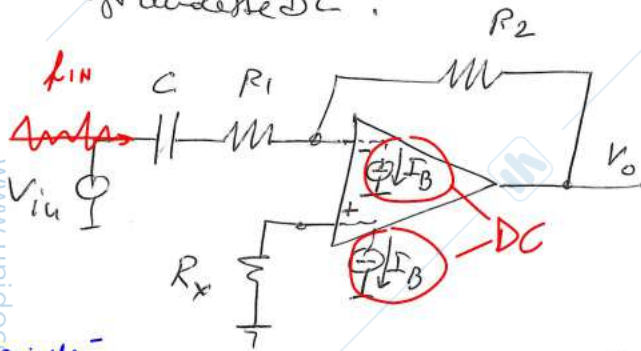
quindi abbiamo effetti in uscita dovuto a $I_{os} \neq 0$

una corrente I_{os} molto + piccola di I_B

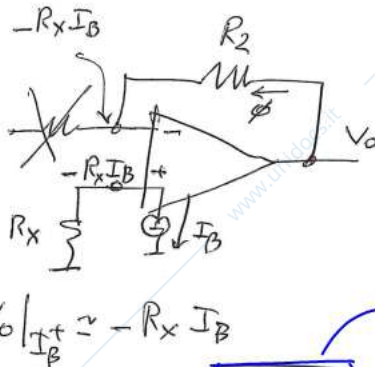
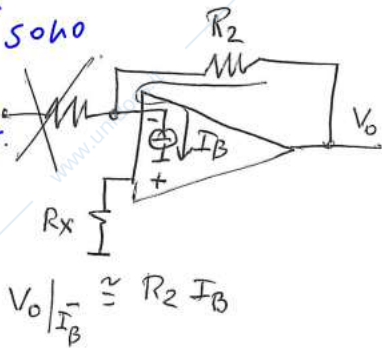
P.S. Si provi ad ottenere lo stesso risultato da questo circuito:



Se avessimo avuto un amplificatore con iugeno accoppiato tramite C, o se avessimo avuto capacità altiore, il conto è rifà identico, ricordando che I_B^+ e I_B^- sono grandezze DC.



poiché $I_B \pm$ sono DC \rightarrow c.a. ($V_{in} = 0$)

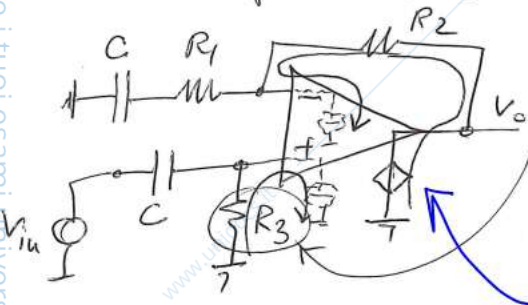


$$V_o|_{I_B^-} \approx R_2 I_B^- \quad V_o|_{I_B^+} \approx -R_x I_B^+$$

$$\Rightarrow V_o = R_2 I_B^- - R_x I_B^+ = (R_2 - R_x) I_B^- \Rightarrow \boxed{R_x = R_2}$$

Resistenza che cancella gli effetti di I_B^+

È sempre necessario fornire un cammino DC alle correnti di polarizzazione verso massa!



in q. caso senza R_3 la corrente in DC del morsetto + è ritenuta ($I_B^+ = 0$) e l'amplificatore non funzionerebbe!