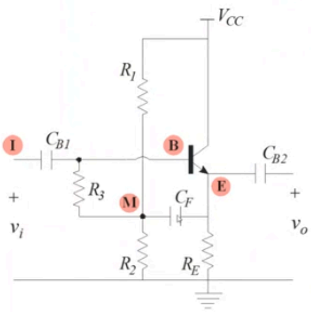
Amplificatori varianti

giovedì 3 agosto 2023 10:38

Migliorano le prestazioni dell'amplificatore. Andiamo a vederle in dettaglio :

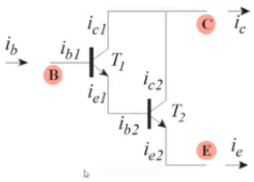
1. Bootstrap
   a. Tecnica usata per aumentare la resistenza o più in generale l'impedenza di ingresso, attraverso l'auto aiuto
   b. Usa il teorema di Miller
   c. 

   Il segnale prelevato dall'uscita e portato, tramite C_F, al nodo "M" è di poco inferiore al segnale d'ingresso al nodo "B" (← C.C.)
   ⇒ V_{R3} piccola
   ⇒ I_{R3} piccola
   ⇒ R_3 "appare" di valore > di quello reale
   ⇒
   essendo R_3 in serie col partitore di tensione di polarizzazione, esso "isola" il generatore di segnale dai resistori di polarizzazione R_1 ed R_2
   ⇒
   un amplificatore con *bootstrap* può presentare una resistenza di ingresso di varie centinaia di migliaia di Ohm, a differenza di un amplificatore senza *bootstrap* che può presentare resistenza di ingresso dell'ordine delle decine di migliaia di Ohm

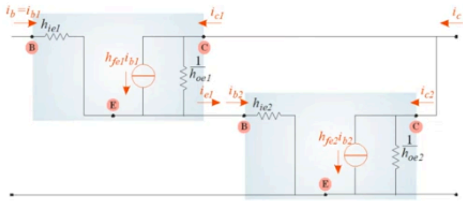
   d. R'_3: resistenza equivalente mostrata in ingresso dal resistore R_3 con Miller:

   $$R_3' = \frac{R_3}{1 - A_v} \qquad R_3' >> R_3$$

2. Darlington:



Questa configurazione consente un valore di amplificazione in corrente particolarmente elevato ed è spesso utilizzata per ottenere anche una elevata impedenza di ingresso

   a. 

$$h_{ie} = \left.\frac{v_{be}}{i_b}\right|_{v_{ce}=0} = h_{ie1} + (1 + h_{fe1})h_{ie2}$$

   b.
$$h_{fe} = \left.\frac{i_c}{i_b}\right|_{v_{ce}=0} = \frac{h_{fe1} + (1 + h_{fe1})h_{fe2}}{1 + h_{oe1}h_{ie2}}$$

$$h_{re} = \left.\frac{v_{be}}{v_{ce}}\right|_{i_b=0} = \frac{h_{oe1}h_{ie2}}{1 + h_{oe1}h_{ie2}}$$

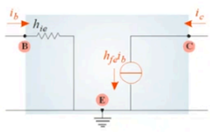
$$h_{oe} = \left.\frac{i_c}{v_{ce}}\right|_{i_b=0} = \frac{h_{oe1}(1 + h_{fe2})}{1 + h_{oe1}h_{ie2}} + h_{oe2}$$

   c. Quindi entrambe le configurazioni non sono adatte per corrente e trans-resistenza

$$R_{iBJT(C.C.)} = \frac{h_{ie}(1 + h_{oe}R_{EL}) + (1 - h_{re})(1 + h_{fe})R_{EL}}{1 + h_{oe}R_{EL}}$$

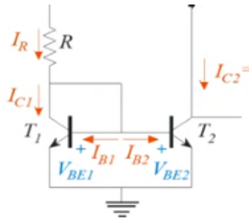
$$R_{iBJT(s-C.E.)} = \frac{h_{ie} + (h_{ie}h_{oe} - h_{re}h_{fe})R_{CL}}{1 + h_{oe}(R_{CL} + R_{E1})} + \frac{[h_{oe}R_{CL} + (h_{ie}h_{oe} - h_{re}h_{fe}) + 1 + h_{fe} - h_{re}]R_{E1}}{1 + h_{oe}(R_{CL} + R_{E1})}$$

      i. **se** $\boldsymbol{h_{re} \cong 0}$ $\boldsymbol{h_{oe} \cong 0}$



$$R_{iBJT(C.C.)} = R_{iBJT(s-C.E.)} = R_{iBJT} = h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E$$

      ii. Dato che Re sta al denominatore, e che visto che dovrebbe essere grande, ma non è possibile, quindi uso il trucchetto della resistenza equivalente :
         1. <u>Metto un generatore di corrente, quindi polarizzo in corrente.</u>

2. 

3. <u>Il T1 è collegato a diodo :</u> non va mai in saturazione. Quindi li uso in circuiti integrati , ovvero circuito (tutto) messo su una sola lastra di silicio:

   T_1 *connesso a diodo* → mai in saturazione

   $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ → integrati

   $V_{BE1} = V_{BE2} = V_{BE}$

   a. $I_{B1} = I_{B2} = I_B$

      $I_C \cong \beta I_B$ → $I_{C1} = I_{C2} = I_C$

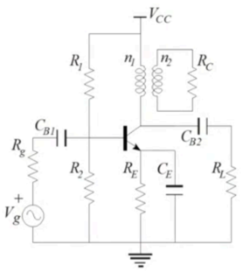
      KCL al collettore di T_1:

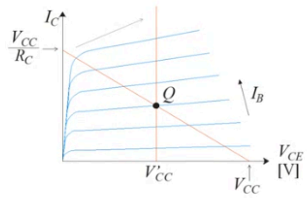
      $$I_R = I_{C1} + I_{B1} + I_{B2} = I_C + 2I_B = I_C + 2\frac{I_C}{\beta}$$

      $$I_O = I_{C2} = I_C = \frac{I_R}{1+\frac{2}{\beta}}$$

3. Accoppiamento a trasformatore:

   R_C percorso da corrente statica, per cui dissipa potenza anche a riposo (in assenza di segnale), ma R_C in statica non servirebbe ...

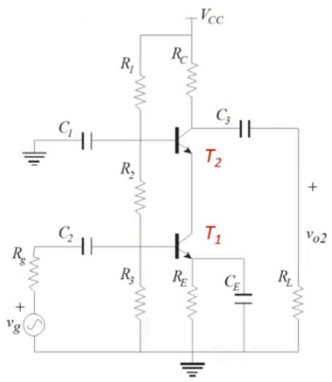
   a. 

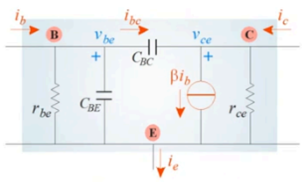
   $$R_{Ceq} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_C$$

4. Cascode:

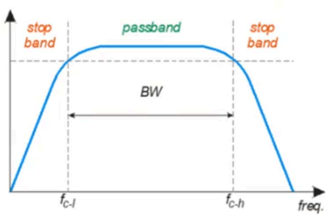
   CONFIGURAZIONE CASCODE

   a. 

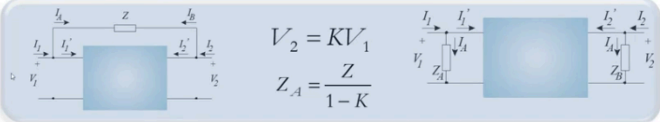
   Cascode: riduzione dell'*effetto Miller*

   Le capacità parassite modificano la BW

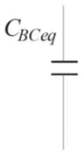
   

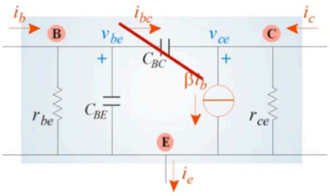
   CONFIGURAZIONE CASCODE

   $$V_2 = KV_1$$

   $$Z_A = \frac{Z}{1-K}$$

   b. 

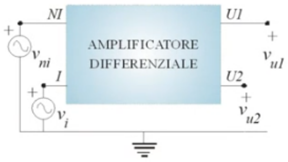
   

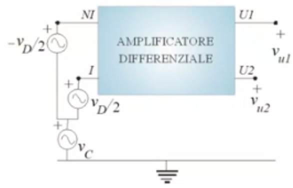
   $C_{BCeq} = C_{BC}(1 - A_v)$

5. **Differenziale** :
   a. Fa la differenza di de segnali. Nel primo ingresso NI (non invertente entra il segnale da amplificare), mentre nella seconda I (invertente) entra un segnale invertito (sfasato di 180 gradi). Questo dispositivo quindi ha 2 ingressi ed una uscita.
   b. 

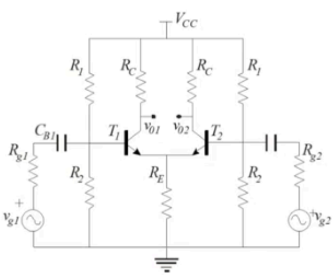
   c. $$v_{U1} = A_D(v_{ni} - v_i)$$ ← *se A_D la stessa per i due ingressi, altrimenti:*
   $$v_{U1} = A_1 v_{ni} + A_2 v_i$$

   Tramite un artificio matematico scomponiamo i due segnali in ingresso:

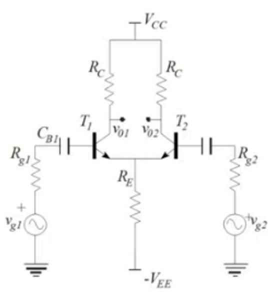
   d. $$v_{ni} = \frac{v_{ni} - v_i}{2} + \frac{v_{ni} + v_i}{2} \qquad v_i = \frac{v_i - v_{ni}}{2} + \frac{v_i + v_{ni}}{2}$$
   

   e. Questo artificio porta alla definizione di 2 segnali: uno di moto comune ed un segnale di modo differenza : il primo non viene considerato , mentre il second segnale è quello da amplificare:
      i. e definiamo:
      $$v_C = \frac{v_{ni} + v_i}{2} \qquad v_D = v_{ni} - v_i$$
      

      ii. $$v_{U1} = A_1 v_{ni} + A_2 v_i = A_1\left(\frac{v_D}{2} + v_C\right) + A_2\left(-\frac{v_D}{2} + v_C\right) =$$
      $$= \frac{A_1 - A_2}{2} v_D + (A_1 + A_2) v_C = A_D v_D + A_C v_C$$
      reale

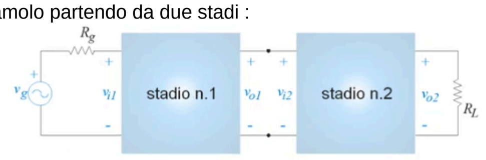
      con
      $$A_D = \frac{A_1 + A_2}{2}$$
      $$A_C = A_1 - A_2$$
      $$v_{U1} = A_D(v_{ni} - v_i)$$
      ideale
      iii. $$CMRR = \left|\frac{A_D}{A_C}\right| \qquad CMRR_{dB} = 20\log_{10} CMRR = 20\log_{10}\left|\frac{A_D}{A_C}\right|$$
         1. Prende il nome di rapporto di reiezione di modo comune: ovvero quanto butto via la parte comune. Questo rapporto va da 80 db a 120 db
   f. 

   sbilanciato

   bilanciato
      1. Quindi sono due emettitori comuni contrapposti, quindi amplificano sia in tensione che corrente:
         a. Se prendiamo solo V02:
            i. Vg2=0 . Simula collettore comune, quindi non amplifica e non sfasa, ma quando esce dalla base di t2 cambia solo il segno della tensione . Poi si comporta da emettitore comune quindi rifasa per la seconda volta ed amplifica : quindi esce amplificato e NON sfasato
            ii. Vg1=0. Prendo vg2 che entra nella base di t2 ed esce dal collettore, quindi emettitore comune , quindi viene amplificato e sfasato.
      2. Nel secondo c'è la simmetria dei canali.

6. **Multistadio:**
   a. Vediamolo partendo da due stadi :



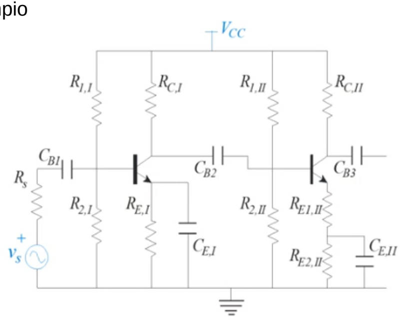
nove combinazioni:
CE-CE, CE-CB, CE-CC,
CB-CE, CB-CB, CB-CC,
CC-CE, CC-CB, CC-CC

i.

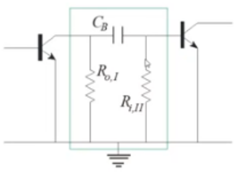
Stadi	Resistenza di ingresso	Resistenza di uscita	Guadagno in tensione
C.E.-C.E.	media	media	molto alto
C.E.-C.B.	media	alta	alto
C.E.-C.C.	media	bassa	medio
C.C.-C.E.	alta	media	medio
C.C.-C.C.	molto alta	molto bassa	< 1

ii.
- la configurazione *CC* è utile come stadio iniziale di amplificatori di tensione e come stadio pilota di carichi di bassa resistenza
- la configurazione *CE* è utile come stadio intermedio di amplificatori qualunque
- la configurazione *CB* è utile come stadio iniziale in amplificatori di corrente

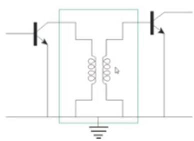
iii. Vediamo ora come realizzarli:
1. Accoppiamento RC
   a. Metto una capacità tra i due stati, in modo che il primo stadio non influenzi il secondo
   b. Risposta in frequenza generalmente piatta e distorsione armonica relativamente bassa
   c. La risposta dell'amplificatore limita la risposta alle basse frequenze e non è utile per fare condizioni di adattamento. Vediamo un esempio
      i.



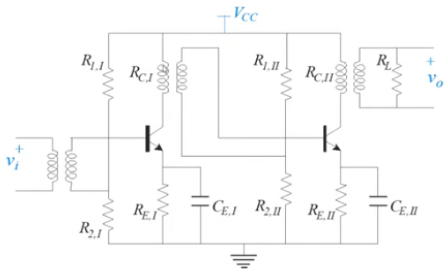
   d.



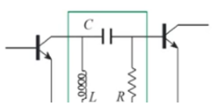
2. Accoppiamento a trasformatore
   a. L'induttore il parallelo blocca la continua
   b.

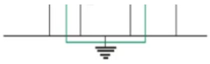


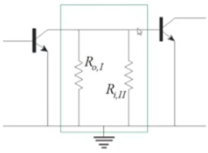
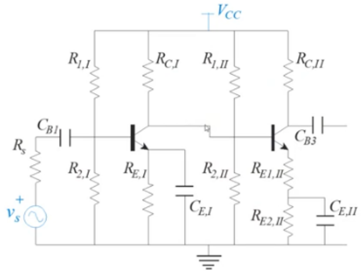
   c. Isola galvanicamente: le correnti di bassa frequenza non passano tra gli stadi.
   d. Aumenta efficienza per via della bassa dissipazione
   e. Realizza adattamento di impedenza , ma attenzione a costo e dai campi elettro-magnetici
   f.



3. Accoppiamento ad impedenza
   a.





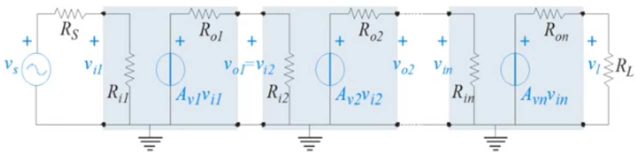
   b. Banda del segnale molto stretta: filtro LC
4. Accoppiamento diretto
   a. 
   b. Gli stadi vengono influenzati a vicenda
   c. Se instabilità del primo stadio (spostamento punto q) diventa segnale da amplificare per secondo stadio
   d. 

b. Vediamo più in generale :
   i. Multistadio con Accoppiamento AC

Grazie ai condensatori di accoppiamento, l'analisi DC è *indipendente* per ciascuno stadio

Multistadio con Accoppiamento DC

le reti di polarizzazione di ciascuno stadio *non* risultano tra loro *isolate*. L'analisi DC quindi deve tener conto della loro interdipendenza

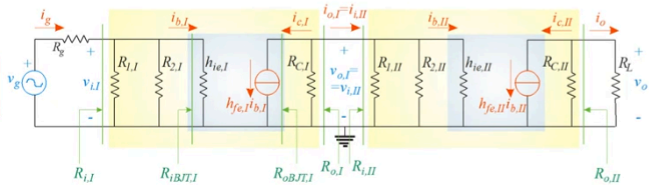
   ii. Nel caso di 3 stadi :
      1. 

$$A_v = \frac{v_l}{v_s} = \frac{v_{o3}}{v_s} = \frac{v_{o3}}{v_{o2}}\frac{v_{o2}}{v_{o1}}\frac{v_{o1}}{v_{i1}}\frac{v_{i1}}{v_s}$$

      2. $$A_v = \frac{R_L}{R_L + R_{o3}} A_{v3} \frac{R_{i3}}{R_{i3} + R_{o2}} A_{v2} \frac{R_{i2}}{R_{i2} + R_{o1}} A_{v1} \frac{R_{i1}}{R_{i1} + R_s}$$

   iii. Esempio c-e/c-e:

$$\boxed{A_i \stackrel{\text{def}}{=} \frac{i_o}{i_e}}$$



      1. $$A_i = \frac{i_o}{i_{c,II}}\frac{i_{c,II}}{i_{b,II}}\frac{i_{b,II}}{i_{o,I}}\frac{i_{o,I}}{i_{c,I}}\frac{i_{c,I}}{i_{b,I}}\frac{i_{b,I}}{i_s}$$

$$i_{b,I} = \frac{R_{12,I}}{R_{12,I} + h_{ie,I}} i_s$$

$$i_{c,I} = h_{fe,I} i_{b,I}$$

$$i_{o,I} = -\frac{R_{C,I}}{R_{C,I} + R_{12,II}||h_{ie,II}} i_{c,I}$$

$$i_{b,II} = \frac{R_{12,II}}{R_{12,II} + h_{ie,II}} i_{o,I}$$

$$i_{c,II} = h_{fe,II} i_{b,II}$$

$$A_i = \frac{R_{C,II}}{R_{C,II} + R_L} h_{fe,II} \frac{R_{12,II}}{R_{12,II} + h_{ie,II}} \frac{R_{C,I}}{R_{C,I} + R_{12,II}||h_{ie,II}} h_{fe,I} \frac{R_{12,I}}{R_{12,I} + h_{ie,I}}$$

$$i_o = -\frac{R_{C,II}}{R_{C,II}+R_L} i_{c,II}$$

$$A_v = A_{v,II} A_{v,I} \alpha_v$$

2.
$$\alpha_v = \frac{R_{12,I}}{R_{12,I}+R_s}$$

$$A_{v,II} = -\frac{h_{fe,II}}{h_{ie,II}} \left(R_{C,II} || R_L\right)$$

$$A_{v,I} = -\frac{h_{fe,I}}{h_{ie,I}} \left(R_{12,II} || h_{ie,II}\right) \frac{R_{C,I}}{R_{C,I} + \left(R_{12,II} + h_{ie,II}\right)}$$

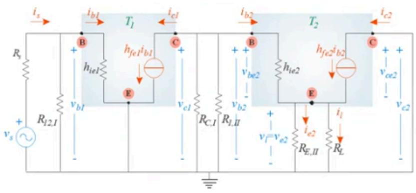
$$A_v = \frac{h_{fe,II}}{h_{ie,II}} \left(R_{C,II} || R_L\right) \frac{h_{fe,I}}{h_{ie,I}} R_{C,I} || \left(R_{12,II} || h_{ie,II}\right) \frac{R_{12,I}}{R_{12,I}+R_s}$$

3.
$$v_s \overset{!}{\cong} 0 \qquad R_o = R_{o,II} \overset{\text{def}}{=} \frac{v_{o,II}}{i_{o,II}} = \underbrace{R_{oBJT,II}}_{\infty} || R_{C,II}$$

$$R_{o,I} \overset{\text{def}}{=} \frac{v_{o,I}}{i_{o,I}} = \underbrace{R_{o,BJT,I}}_{\infty} || R_{C,I}$$

iv. Esempio c-e/c-c:

MULTISTADIO: DOPPIO STADIO CE-CC



$$\boxed{A_v \overset{\text{def}}{=} v_l / v_s = \frac{v_l}{v_{c1}} \frac{v_{c1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_s}}$$

1.
$$\frac{v_{b1}}{v_s} = \frac{R_{12,I}}{R_{12,I}+R_s}$$

$$\frac{v_{c1}}{v_{b1}} = \frac{-h_{fe1}}{h_{ie1}} \{R_{C,I1,II} || [h_{ie2} + (1+h_{fe2}) R_{E,IIL}]\}$$

$$\frac{v_l}{v_{c1}} = \frac{v_l}{v_{b2}} = \frac{(1+h_{fe2}) R_{E,IIL}}{(1+h_{fe2}) R_{E,IIL} + h_{ie2}}$$

$$A_v = -\frac{(1+h_{fe2}) R_{E,IIL}}{(1+h_{fe2}) R_{E,IIL} + h_{ie2}} \frac{h_{fe1}\{R_{C,I1,II} || [h_{ie2} + (1+h_{fe2}) R_{E,IIL}]\}}{h_{ie1}} \frac{R_{12,I}}{R_{12,I}+R_s}$$