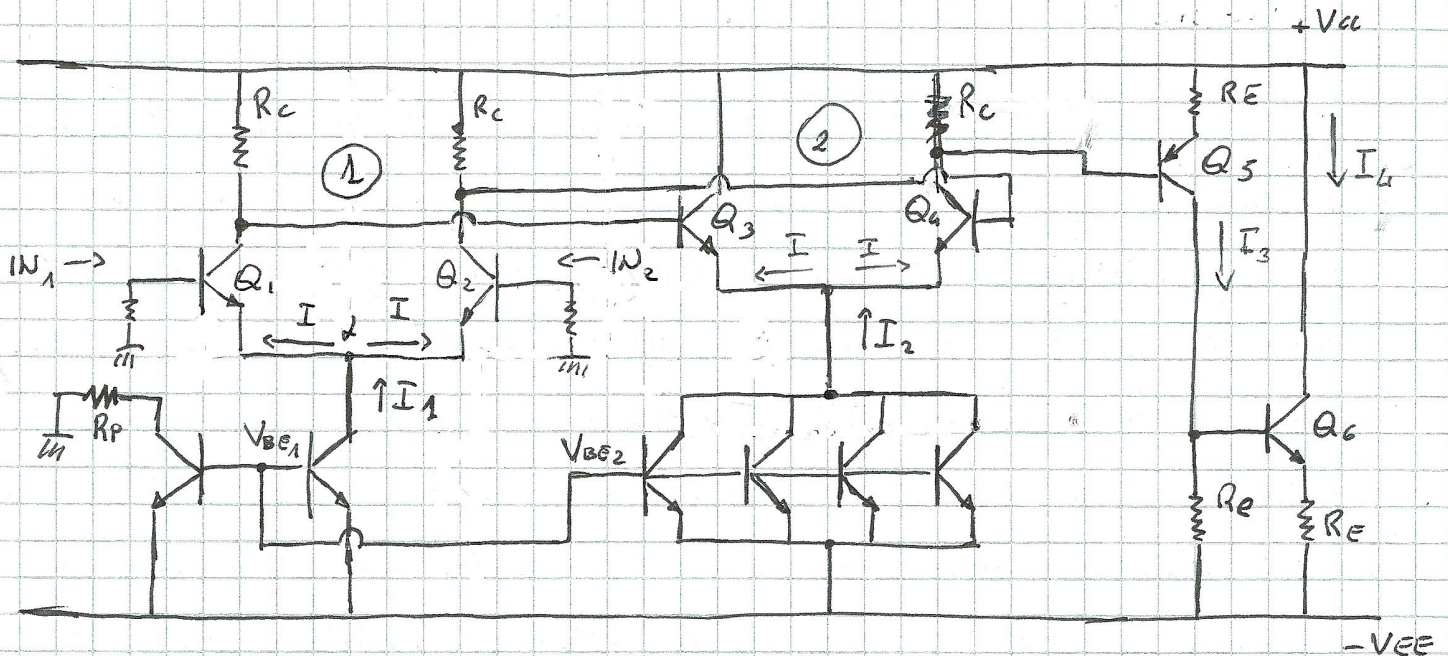


LEZIONE 10

AMPLIFICATORI DIFFERENZIALI A PIU' STADI

FACCIAMO UN ESEMPIO DI AMPLIFICATORE A PIU' STADI
(ABBANDONIAMO PER SEMPLICITA' DI SEGNALIZZAZIONE I
CARICHI ALI)



COME VEDIAMO, ~~QUESTO CIRCUITO HA UN UNICO GENERATORE DI CORRENTE CHE FA DA CIRCUITO IN SERVIZIO PER L'INTERA RETE.~~ QUESTO CIRCUITO HA UN UNICO GENERATORE DI CORRENTE CHE FA DA CIRCUITO IN SERVIZIO PER L'INTERA RETE. E' POSSIBILE PROGRAMMARE LA CORRENTE I_1 IMPONENDO IL VALORE DELLA RESISTENZA R_p :

$$R_p = \frac{V_{ee} - V_d}{I_1}$$

LA CORRENTE I_1 SI DIVIDE SUL PUNTO 2 IN DUE CORRENTI I IN UGUALE VALORE PARI A:

$$I = \frac{I_1}{2}$$

PER COME È CONFIGURATO LA MAGLIA (1) LE DUE USCITE DI COLLETORE AVRANNO DUE GUADAGNI COMPLEMENTARI:

$$G_1 = \frac{1}{2} g_m R_c(Q_1)$$

$$G_2 = -\frac{1}{2} g_m R_c(Q_2)$$

[NEI DUE TRANSISTOR AFFACCIATI SCORRE LA STESSA CORRENTE $I = \frac{I_1}{2}$ E TRA LE DUE BASI DI Q_1 E Q_2 IL SEGNALE INIETATO SI DIVIDE IN DUE SEGNALE DI UGUALE AMPLIEZZA E POLARITÀ OPPOSTA RISPETTO AL PUNTO N. INDIVIDUE RAMI DI Q_1 E Q_2 HANNO GUADAGNI UGUALI ED OPPOSTI]

I SEGNALE SULLE USCITE DI COLLETORE DELLA RETE (1), SICCOME HANNO POLARITÀ OPPOSTE, POSSONO ~~VENIRE TRATTATI~~ ^{diventare segnali differenziali}

~~IN UNO~~ PER ~~UN~~ SUCCESSIVO STADIO DIFFERENZIALE. LO STADIO (2) HA COME GENERATORE DI CORRENTE UN PARALLELO DI 4 BJT TUTTI CON LA STESSA $V_{BE2} = V_{BE1}$. LA CORRENTE PROGRAMMATA DA QUESTO PARALLELO È:

$$I_2 = 4 \cdot I_1$$

PARENTE SI

[PER UNA CORRENTE DI 1 mA LA RESISTENZA DI EBERS-MOLL È: $r_e = 25 \Omega$

L'INVERSO DI QUESTA r_e , OSSIA LA TRANSCONDUZIONE, SI MISURA IN SIEMENS, CHE NEL CASO DEL TRANSISTOR VALG:

$$g_m = \frac{1}{25 \Omega} = 40 \text{ mS}$$

IN GENERALE, L'INVERSO DI UNA IMPIEDENZA, È DETTA CONDUTTANZA Y E L'INVERSO DI UNA RESISTENZA È

DETA CONDUZZANZA G :

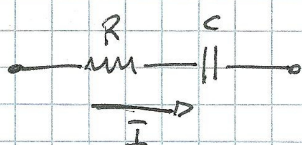
$$\frac{1}{Z} = Y$$

$$\frac{1}{R} = G$$

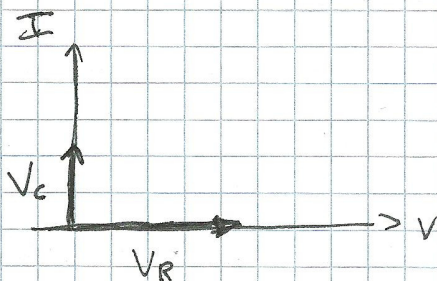
SI PUO' DEFINIRE ANCHE LA SUSCETANZA DI UNA CAPACITA' COME:

$$B = j\omega C$$

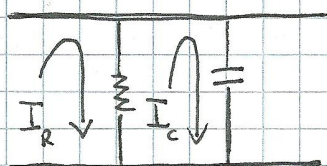
SE ABBIAMO UN CIRCUITO FATTO IN QUESTO MODO:



E' POSSIBILE RAPPRESENTARE L'ANDAMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA CAPACITA' RISPETTO ALLA CORRENTE COME VETTORI IN UN GRAFICO I-V:

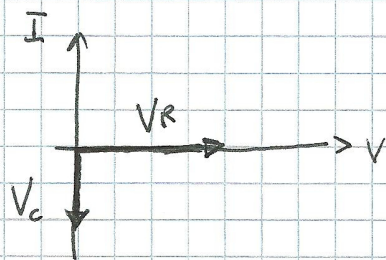


PER CIRCUITI IN PARALLELO INVECE, L'ELEMENTO DI RIFERIMENTO NON E' PIU' LA CORRENTE (SI COME IN OGNI UNO DEI DUE COMPONENTI SCORRE UNA CORRENTE DIVERSA DELL'ALTRO)



IN QUESTO CASO L'ELEMENTO DI RIFERIMENTO E' LA TENSIONE (CHE E' UGUALE AI CAPI DI ENTRAMBI I COMPONENTI)

VOLENDO RAPPRESENTARE L'ANDAMENTO DI R E C IN TERMINI DEI VETTORI V_R E V_C NEL GRAFICO $I-V$, SI HA:



LE DEFINIZIONI DATE IN PRECEDENZA PERMETTONO DI RISOLVERE CIRCUITI COMPLESSI SIA IN SERIE CHE IN PARALLELO POCHÉ LE GRANDEZZE IN GIOCO NEL PRIMO CASO SONO RESISTENZE E IMPEDENZE CAPACIVE, MENTRE NEL SECONDO ABBIAMO CONDUZIANZE E SUSCETANZE **I**

TORNANDO AL CIRCUITO, L'UTILITÀ DI AVERE DUE STADI DIFFERENZIALI IN CASCATA È QUELLA DI RIDURRE

ULTERIORMENTE IL RUMORE SUL SEGNALE IN INGRESSO OLTRE A QUELLA DI AUMENTARE ULTERIORMENTE IL GUADAGNO.

IL FATTORE DI REIEZIONE, NEL PASSAGGIO ATTRAVERSO DUE STADI, DIVENTA IN FATTI :

$$C.M.R.R. (TOT) = C.M.R.R. (1) \times C.M.R.R. (2) =$$

$$= \left(\frac{g_{diff}}{g_{m.c.}} \right)_{(1)} \times \left(\frac{g_{diff}}{g_{m.c.}} \right)_{(2)}$$

METTERE DUE STADI IN CASCATA CONSENTE DI POTENZIARE LA REIEZIONE DEL RUMORE RISPETTO AL FONDO, POICHÉ LA C.M.R.R. È UNA QUANTITÀ MOLTIPLICATIVA.

UNA VOLTA OBTENUTA UNA C.M.R.R. DELL'ORDINE DI $10^6 \div 10^7$ POSSIAMO RITENERCI SODDISFATTI, NON OCCORRE AGGIUNGERE

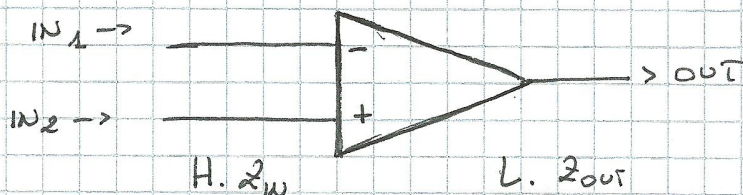
ALTRI STADI DIFFERENZIALI.

TUTAVIA, CON DUE STADI DIFFERENZIALI, SI PRESENTA
L'INCONVENIENTE ~~DELLA~~ ^{della deriva} ~~SPONTANEO~~ DELLA POLARIZZAZIONE
VERSO $+V_{CC}$, PER OVVIARE A QUESTO PROBLEMA PONIAMO IN
USCITA ALLO STADIO (2) IL TRANSISTOR Q_5 POLARIZZATO
PNP (COME ABBIAMO GIÀ FATTO IN PASSATO).

PER L'ADATTAMENTO DI IMPEDENZA, PONIAMO COME ULTIMO
STADIO DEL CIRCUITO IL TRANSISTOR Q_6 IN CONFIGURAZIONE

~~C.F.~~ ^{emitter follower}

LO SCHEMA QUI RIPORTATO È UN PRIMO ESEMPIO DI
AMPLIFICATORE OPERAZIONALE A LOOP APERTO; LE SUE
CARATTERISTICHE SONO UNA ELEVATA IMPEDENZA DI INGRESSO
(GARANTITA DALLO STADIO (1)), UNA BASSA IMPEDENZA
DI USCITA (GARANTITA DAL TRANSISTOR Q_6), UN ALTO
GUADAGNO ED UN ELEVATO FATTORE DI REIEZIONE DEL
RUMORE RISPETTO AL FONDO. SCHEMATICAMENTE SI RAPPRESENTA
IN QUESTO MODO:



L'IMPEDENZA DI INGRESSO, CHE È QUELLA DEL TRANSISTOR
 Q_1 IN CONFIGURAZIONE C.E., NON È PROPRIO ELEVATISSIMA
(DA QUANTO CALCOLATO IN PRECEDENZA È DELL'ORDINE DEI
 $k\Omega$) ED, IN EFFETTI, SOLO CON L'AVVENTO DEI MOS SI
È RIUSCITI AD ALZARE IL VALORE DI QUESTA IMPEDENZA.

COME VEDREMO IN SEGUITO, I CIRCUITI MODERNI (E PIÙ
RAFFINATI) PRESENTANO UNO SCHEMA MISTO IN CUI SONO
PRESENTI SIA MOS (PER L'ADATTAMENTO DI IMPEDENZA)

SI A I TRANSISTOR (CHE, A DIFFERENZA DEI MOS, FANNO UN GUADAGNO MIGLIORE) COMBINATI OPPORTUNAMENTE A SECONDA DELLE ESIGENZE DI PROGETTAZIONE I.

A QUESTO PUNTO, CARATTERIZZIAMO IL CIRCUITO IN ESAME.

POLARIZZIAMO LO STADIO (1) :

$$I_1 = 0,3 \text{ mA} \quad V_{CC} = +15 \text{ V} \quad V_{EE} = -15 \text{ V}$$

$$I = 0,25 \text{ mA}$$

$$V_C(Q_1) = 5 \text{ V}$$

$$V_B(Q_1) = 0 \text{ V}$$

$$V_E(Q_1) = -0,7 \text{ V}$$

$$R_C(Q_1) = \frac{V_{CC} - V_C(Q_1)}{I} = \frac{10 \text{ V}}{0,25 \text{ mA}} = 40 \text{ k}\Omega$$

$$V_C(Q_2) = 5 \text{ V}$$

$$V_B(Q_2) = 0 \text{ V}$$

$$V_E(Q_2) = -0,7$$

$$R_C(Q_2) = 40 \text{ k}\Omega$$

POLARIZZIAMO LO STADIO (2)

N.B.

[SICCOME LA CORRENTE NEL RAMO DI Q_3 DIPENDE SOLO DALLA V_{BE1} DELLO SPECCHIO DI CORRENTE E SICCOME NON HO BISOGNO DELL'USCITA DIFFERENZIALE SULLO STADIO (2) MA MI BASTA UN'USCITA SINGLE ENDED (QUESTO PERCHÉ HO TERMINATO LA PARTE DI REIEZIONE DEL RUMORE NELLO STADIO (1)) POSSO NON METTERE LA RESISTENZA SUL COLLETORE DI Q_3 EVITANDO COSÌ DI APPESANTIRE INUTILMENTE L'INTEGRAZIONE (LA CORRENTE NEL RAMO DI Q_3 È LA STESSA CHE SCORRE NEL RAMO DI Q_4 A PRESCINDERE DALLA PRESENZA O MENO DI $R_C(Q_3)$) I

dipende infatti solo da V_{be}

$$V_B(Q_3) = 5V = V_C(Q_2)$$

$$V_E(Q_3) = 4,3V$$

$$I_2 = 2mA$$

$$I = 1mA$$

$$V_B(Q_4) = 5V$$

$$V_E(Q_4) = 4,3V$$

$$V_C(Q_4) = 8V \quad \text{PER LA DINAMICA}$$

$$R_C(Q_4) = \frac{[V_{CC} - V_C(Q_4)]}{I} = \frac{(15-8)V}{1mA} = 7k\Omega$$

POLARIZZIAMO IL TRANSISTOR Q_5

$$V_B(Q_5) = 8V = V_C(Q_4)$$

$$V_E(Q_5) = 8,7V$$

$$V_C(Q_5) = 0V \quad \text{PER LA DINAMICA}$$

IMPONENDO $I_3 = 1mA$ SI HA:

$$R_E(Q_5) = 6,3k\Omega$$

$$R_C(Q_5) = 15k\Omega$$

POLARIZZIAMO IL TRANSISTOR Q_6

$$V_B(Q_6) = 0V = V_C(Q_5)$$

$$V_E(Q_6) = -0,7V$$

IMPONENDO $I_4 = 5mA$ SI HA:

$$R_E(Q_6) = 2,86k\Omega$$

LE POLARIZZAZIONI SONO STATE OTTENUTE, ALMENO IN PRIMA APPROSSIMAZIONE. VEDIAMO ADESSO QUALI SONO LE ATTENUAZIONI DEL SEGNALE NEL PASSEGGIO TRA UNO STADIO E L'ALTRO.

PER NON AVERE ATTENUAZIONI DEVE VALERE LA REGOLA DEL "PER 10": UNO STADIO DEVE AVERE UN'IMPEDENZA DI INGRESSO 10 VOLTE PIÙ ALTA DELL'IMPEDENZA DI USCITA DELLO STADIO

PRECEDENTE.

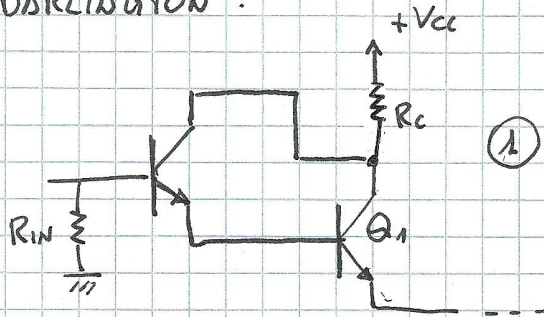
NELLO STADIO (1) SI HA:

$$r_e(Q_1) = \frac{V_T}{\left(\frac{I_1}{2}\right)} = \frac{25 \text{ mV}}{0,25 \text{ mA}} = 100 \Omega$$

QUINDI:

$$Z_{in}(1) = r_e \cdot h_{fe} = 10 \text{ k}\Omega$$

[SICCOME QUESTA IMPEDENZA DI INGRESSO NON È MOLTO ELEVATA, PER ALZARLA SI PONE IL TRANSISTOR Q_1 IN UNA COPPIA DARLINGTON:



IN MODO DA AVERE UN'IMPEDENZA DI INGRESSO DI:

$$Z_{in}(1) = r_e \cdot (h_{fe})^2 \approx 1 \text{ M}\Omega \quad]$$

NELLO STADIO (2) SI HA:

$$r_e(Q_2) = \frac{25 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega$$

QUINDI:

$$Z_{in}(2) = r_e \cdot h_{fe} = 13 \text{ k}\Omega$$

CHIARAMENTE NON CI SONO LE CONDIZIONI PER CUI SIA SODDISFATTA LA REGOLA DEL PER DIECI. IL SEGNALE USCENTE DALLO STADIO (1) SARÀ MOLTIPLICATO PER UN FATTORE DI ATTENUAZIONE PARI A:

$$\frac{13 \text{ k}\Omega}{(13 + 40) \text{ k}\Omega} = 0,24$$

IL SEGNALE VIENE ATTENUATO DI CIRCA 4 VOLTE.
 PER EVITARE QUESTO INCONVENIENTE ED ALZARE L'IMPIEDENZA
 DI INGRESSO DELLO STADIO (2) ~~rimuovo~~ IL PARALLELO
 DI 4 BJT CHE ALIMENTA TALE STADIO PER RIDURRE IL
 VALORE DELLA CORRENTE I_2 E LO SOSTITUISCO CON UN SINGOLO
 TRANSISTOR. IN QUESTO MODO AVRO:

$$r_e(Q_3) = \frac{25 \text{ mV}}{0,25 \text{ mA}} = 100 \Omega = \frac{V_T}{\left(\frac{I_2}{2}\right)}$$

QUINDI :

$$Z_{in}(\textcircled{2}) = r_e \cdot \beta_{FE} = 10 \text{ k}\Omega$$

POICHE' L'IMPIEDENZA DI USCITA DELLO STADIO (1) E':

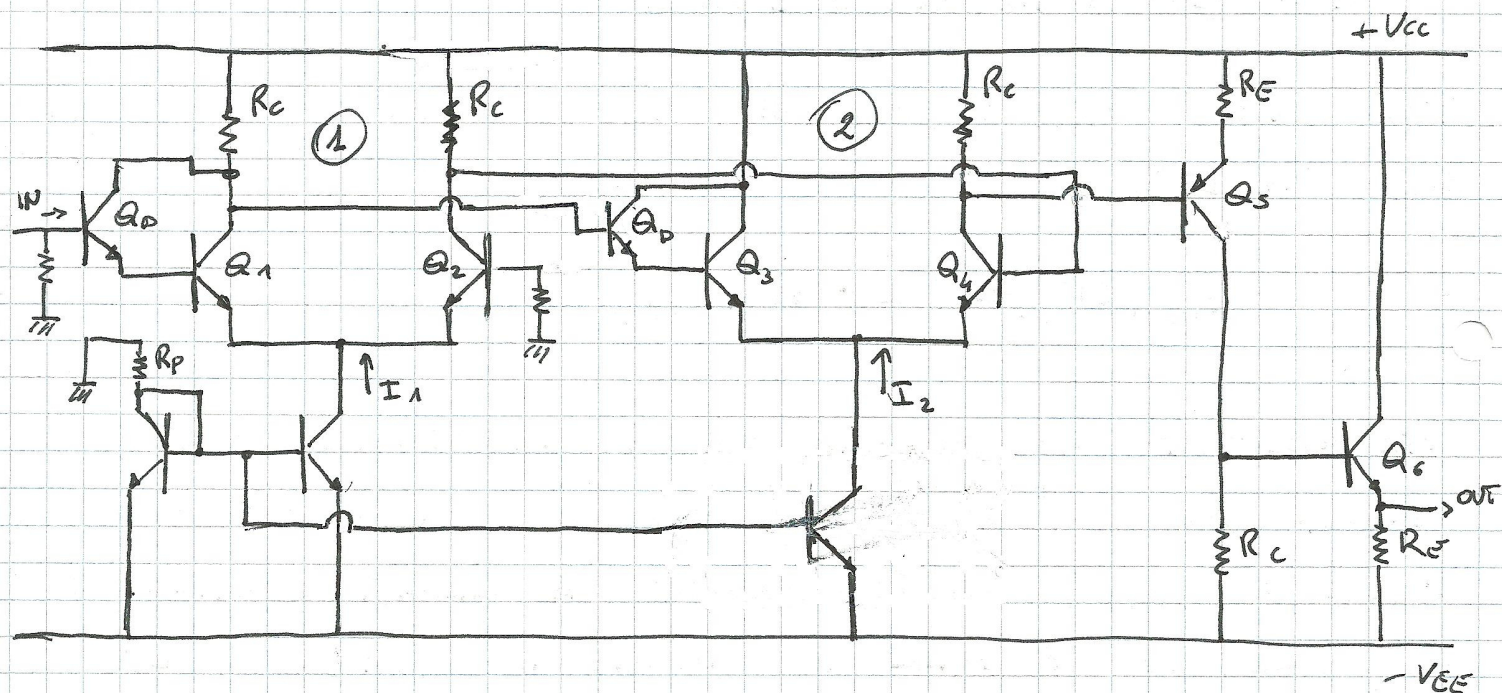
$$Z_{out}(\textcircled{1}) \approx R_c(Q_2) = 40 \text{ k}\Omega$$

NON SIAMO NELLE CONDIZIONI CHE SODDISFANO LA REGOLA
 DEL 10×10

$$Z_{in}(\textcircled{2}) \not\geq 10 \cdot Z_{out}(\textcircled{1})$$

PER RISOLVERE QUESTO PROBLEMA DI ATTENUAZIONE DEL
 SEGNALE TRA UNO STADIO E L'ALTRO, LA SOLUZIONE
 IDEALE E' QUELLA DI SCAMBIARE I CIRCUITI GENERATORI
 DI CORRENTE E PORRE IL CIRCUITO DI SERVIZIO COME
 GENERATORE PER LO STADIO (2) E IL PARALLELO DI 4 BJT
 COME ALIMENTATORE DELLO STADIO (1). ALTRE VENTI SI PUO'
 E' EQUIVALENTEMENTE RICORRERE ALLI ESPEDIENTE DELLA COPPIA
 DARLINGTON ANCHE IN INGRESSO ALLO STADIO (2) COSI' CHE
 L'IMPIEDENZA DI INGRESSO CALCOLATA IN PRECEDENZA

SCHEMATICAMENTE, LE DUE SOLUZIONI SI RAPPRESENTANO IN QUESTO MODO:



~~CS non potrà beneficiare del suo credito~~ nel modo piu' semplice ed opportuno

PER L'ADATTAMENTO DI IMPEDENZE E VALUTIAMO IL GUADAGNO

10.10 IN QUESTA NUOVA RETE!

$$R_c(Q_4) = \frac{(15 - 8)V}{0,25 \text{ mA}} = \frac{V_{CC} - V_c(Q_4)}{\frac{I_2}{2}} = 28 \text{ k}\Omega$$

PER QUANTO RIGUARDA IL GUADAGNO DIFFERENZIALE SI HA:

$$g_{\text{TOT DIFF}} = g_{\text{DIFF}}^{(1)} \cdot g_{\text{DIFF}}^{(2)} \cdot g(Q_5) \cdot g(Q_6)$$

$$g_{\text{DIFF}}^{(1)} = \frac{R_c}{r_{e1}} = \frac{40 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} = 400$$

$$g_{\text{DIFF}}^{(2)} = \frac{R_c}{r_{e2}} = \frac{28 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} = 280$$

$$g(Q_5) = \frac{R_c}{R_E} = \frac{15 \text{ k}\Omega}{4,3 \text{ k}\Omega} = 3,5$$

$$g(Q_6) = 1$$

$$g_{\text{TOT DIFF}} \approx 400 \cdot 10^3 = 4 \cdot 10^5$$

N.B.

[IL CONTO DELLE IMPEDENZE PER VALUTARE LE ATTENUAZIONI DEL SEGNALE TRA UNO STADIO E L'ALTRO, VA FATTO PRIMA DI CALCOLARE IL GUADAGNO POICHÉ, UNA VOLTA DATATE LE IMPEDENZE, BISOGNA MODIFICARE LE POLARIZZAZIONI E, QUINDI, TUTI I VALORI DI RESISTENZA DEGLI STADI INTERESSATI]

PER QUANTO RIGUARDA IL GUADAGNO IN MODO COMUNE SI HA:

$$g_{\text{TOT M.C.}} = g_{\text{M.C.}}^{(1)} \cdot g_{\text{M.C.}}^{(2)} \cdot g(Q_5) \cdot g(Q_6)$$

$$g_{\text{M.C.}}^{(1)} = \frac{R_c}{2 \text{ (SPECCHIO DI CORRENTE)}} = \frac{40 \text{ k}\Omega}{1 \text{ M}\Omega} = 40 \cdot 10^{-3}$$

$$g_{m.c.} (2) = \frac{R_c}{2(\text{GENERATORE DI CORRENTE})} = \frac{28 \text{ K}\Omega}{1 \text{ M}\Omega} = 28 \cdot 10^{-3}$$

$$g(Q_5) = \frac{R_c}{R_E} = 3,3$$

$$g(Q_6) = 1$$

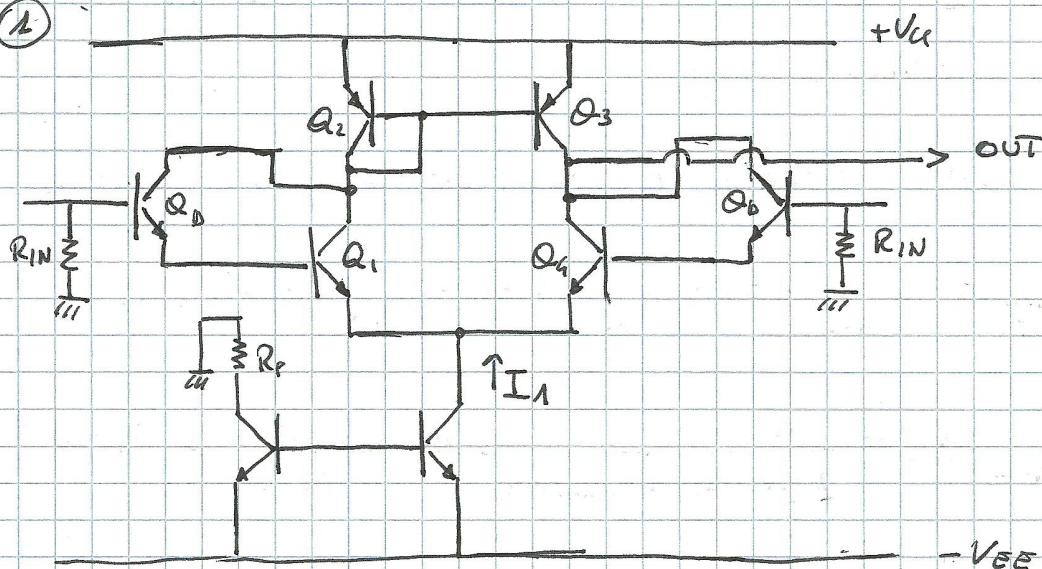
$$g_{m.c.}^{TOT} \approx 10^{-3}$$

NONOSTANTE QUELLO IN ESAME SIA UN CIRCUITO MOLTO GREZZO SIA IL GUADAGNO DIFFERENZIALE CHE QUELLO DI MODO COMUNE SONO RAGGUARDEVOLI :

$$C.M.R.R. = \frac{g_{m.c.}^{TOT}}{g_{m.c.}} \approx 10^8$$

TUTAVIA QUESTO CIRCUITO, COSÌ COM'È, DA MOLTISSIMI PROBLEMI ^{nella risposta} IN FREQUENZA A CAUSA DELLE CAPACITÀ DI MILLER CHE SI PRESENTANO TRA BASE E COLLETORE DEI VARI TRANSISTOR C.E. ALL'INTERNO DEL CIRCUITO. ORA VEDREMO, PER OTTIMIZZARE L'AMPLIFICATORE IN FREQUENZA, CI SERVIREMO DEL CASCODE. PRIMA PERO' FACCIAMO IL PASSAGGIO INTERMEDIO DI PASSARE AI CARICHI ATTIVI:

STADIO (1)



IL GUADAGNO DI QUESTO STADIO È DIVENTATO:

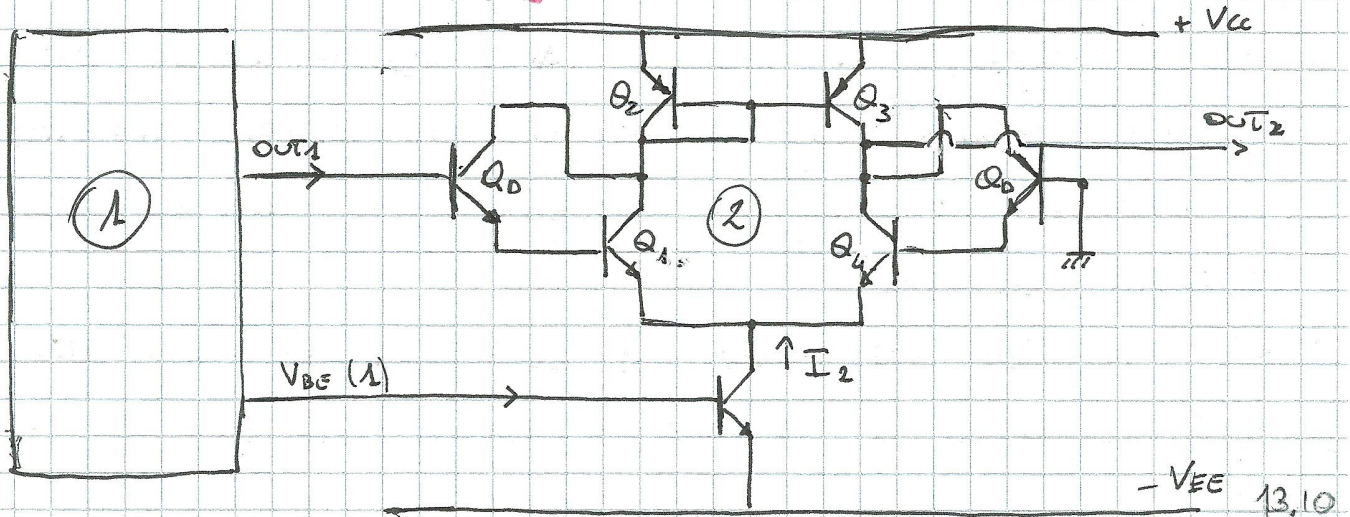
$$g(Q_1) = g_m(Q_1) \cdot \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_C}(Q_2) = \frac{1}{\mu_r(Q_1)} \cdot \mu_r(Q_2) \approx 1$$

$$g(Q_3) = g_m(Q_3) \quad R_{LOAD}(Q_4) = \frac{M \Omega}{100 \Omega} = 10^4$$

FACENDO ALCUNE CONSIDERAZIONI: AVER MESSO UN CARICO
DITIVO MI OBBLIGA A RINUNCIARE ALL' USCITA DIFFERENZIA-
LE, GIACCHÉ IL TRANSISTOR Q_1 NON GUADAGNA, D'ALTRO
COSTO POSSO ALZARE A PIACIMENTO IL GUADAGNO DEL
SECONDO STADIO AUMENTANDO I_1 (CHE COMPORTA
UNA RIDUZIONE DEL $\mu_r(Q_3)$)

PER QUANTO RIGUARDA IL SECONDO STADIO, SICCOME HO
UN SOLO SEGNALE IN USCITA DAL PRIMO STADIO, ESSO NON AVRÀ
UN INGRESSO DIFFERENZIALE.

SEMPREMENTE SI PUÒ COSTRUIRE LO STADIO (2) COME
UNA REPLICA DI (1) CON LA BASE DEL SECONDO TRANSIS-
TOR VERSO MOSSA. [PER QUANTO DETTO IN PRECEDENZA,
PER UNA CONFIGURAZIONE SIFRATA VALGONO LE STESS
REGOLE DEI CIRCUITI CON INGRESSO DIFFERENZIALE
(SOLO CERTE CONDIZIONI, CHE SONO STATE ESPOSTE NELLA
VERSIONE PRECEDENTE) PER QUANTO CON CERNE GUADAGNO
E RIDUZIONE DEL RUMORE]



HO RIMOSSO TUTTE LE RESISTENZE CHE ERA POSSIBILE RIMOVERE TRanne R_P , CHE E' LA RESISTENZA DELLO SPEC-
CULO DI CORRENTE CHE PROGRAMMA LA I_1 , E LE R_{IN}
CHE PERO' NON VANNO INTEGRATE -

VALUTANDO LA DISSIPAZIONE DI CORRENTE DI QUESTO CIRCUITO,
PER FARLO CALCOLIAMO LA POTENZA DISSIPATA DALLA $V_{CC} = +15V$:

$$\begin{aligned} P_{+15V} &= \left[\left(\frac{I_1}{2} + \frac{I_1}{2} \right) + \left(\frac{I_2}{2} + \frac{I_2}{2} \right) + I_3 + I_4 \right] \cdot 15V = \\ &= \left[(0,25mA + 0,25mA) + (0,25mA + 0,25mA) + 1mA + 5mA \right] \cdot 15V \\ &= 105 mW \end{aligned}$$

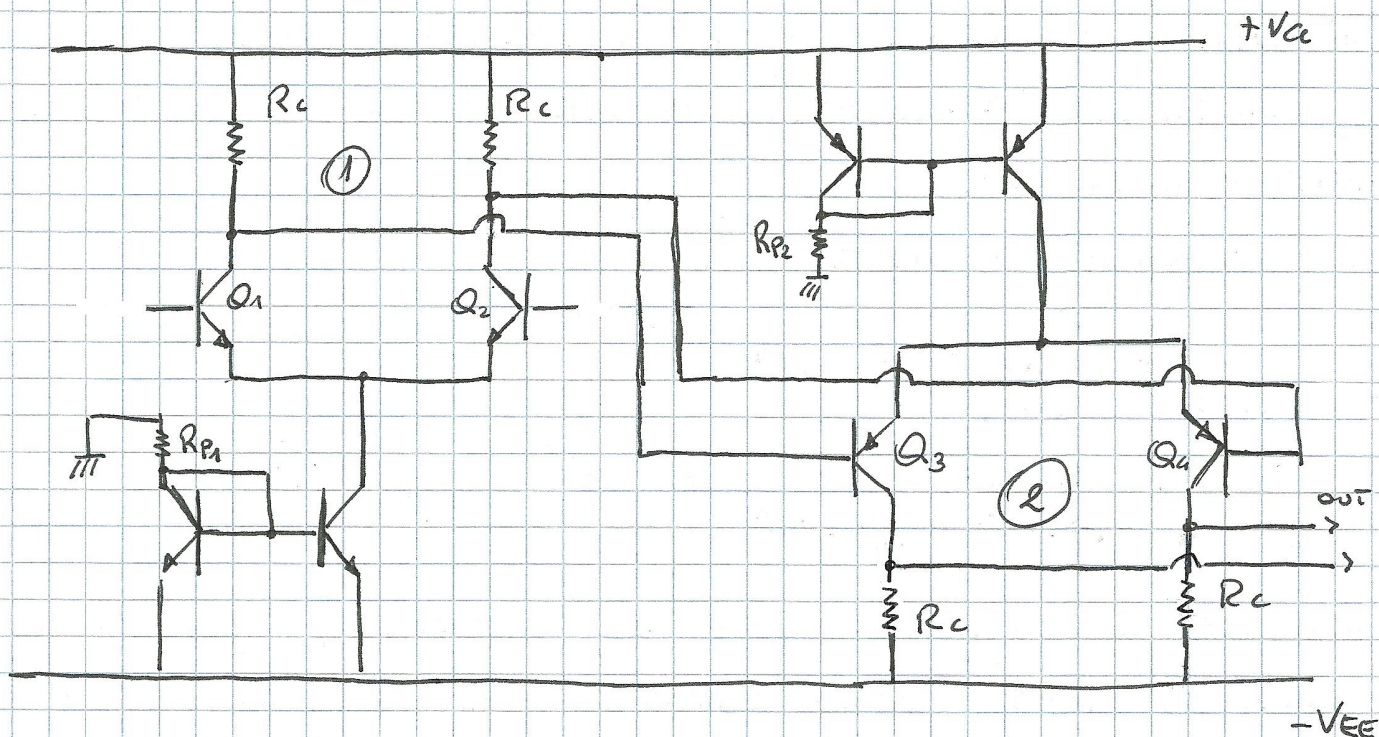
LA POTENZA DISSIPATA DA $V_{EE} = -15V$ E' :

$$\begin{aligned} P_{-15V} &= \left(I_1 + I_2 + I(R_{CQ_3}) + I(R_{E(Q_4)}) \right) \cdot 15V = \\ &= (0,5mA + 0,5mA + 15mA + 2,86mA) \cdot 15V = \\ &= 283 mW \end{aligned}$$

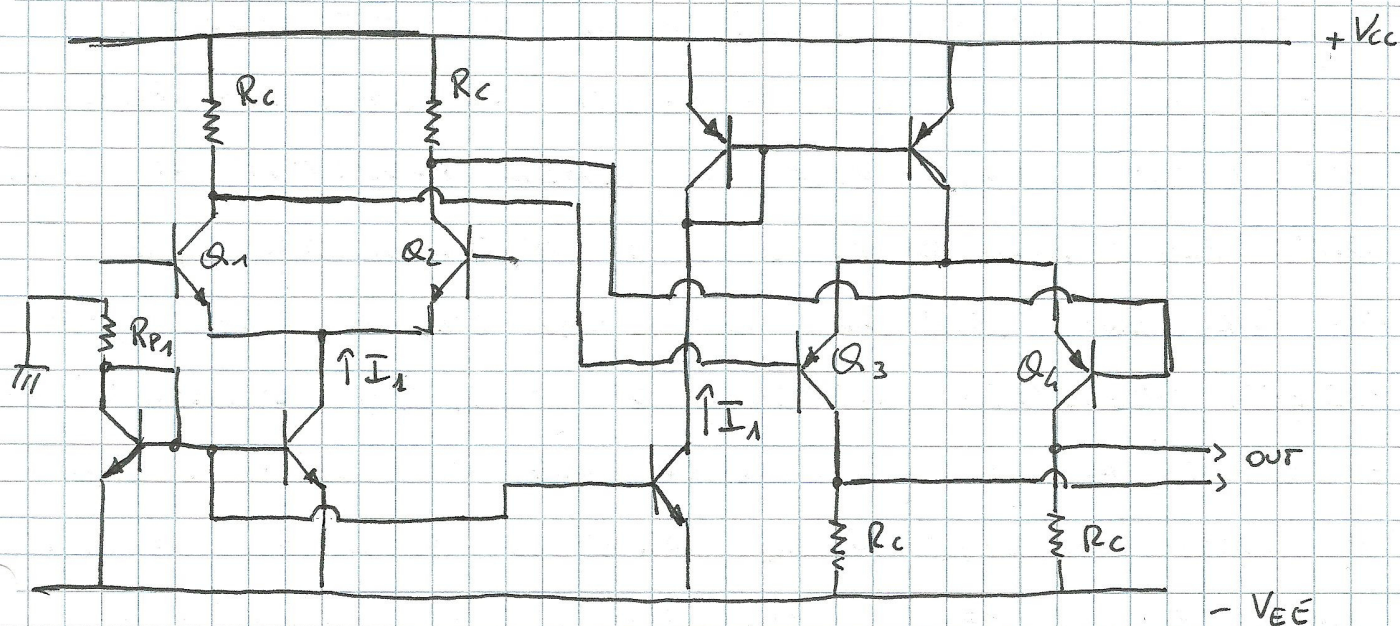
la deriva

UN ALTRO DEI DIFETTI DI QUESTO CIRCUITO E' ~~LA SENSIBILITA'~~
DELLE POLARIZZAZIONI VERSO $+V_{CC}$ ~~LA SENSIBILITA'~~
~~CONSEGUE PER QUESTO CONSEGUE IL COMPORTAMENTO DEL CIRCUITO~~
~~NE DI POTENZA~~ - PROGETTIAMO A QUESTO PUNTO UN
CIRCUITO OPERAZIONALE IL CUI SECONDO STADIO SIA RIBALTATO
IN POLARITA' IN MODO DA UTILIZZARE IL MASSIMO DELLA
DINAMICA NEGATIVA.

IN SOSTANZA QUELLO CHE CI E' DA FARE E' PORRE TRANSISTOR
NPN AL PRIMO STADIO, E DEI TRANSISTOR PNP AL SECONDO;



OSSERVANDO CHE IL GENERATORE DI CORRENTE DELLO STADIO (2) È UNO SPECCHIO DI CORRENTE RIBALTATO RISPETTO A QUELLO DELLO STADIO (1) CON LA SUA RESISTENZA DI PROGRAMMAZIONE R_{P2} . SICCOME PER L'INTEGRAZIONE AVERE QUESTA RESISTENZA È SCOMODO, RIDISEGNO IL CIRCUITO PER POTER SERVIRSI R_{P1} COME RESISTENZA DI PROGRAMMAZIONE PER ENTRAMBI GLI STADI ED ELIMINARE R_{P2} .



QUESTO È LO SCHEMA DI UN CIRCUITO MODERNO, A MENO DELLE RESISTENZE R_c CHE VENGONO SOPPIANTATE DA CARICHI ATTIVI.

IN QUESTA CONFIGURAZIONE IL RIBALTIMENTO DELLO STUDIO
(2) RIAGGIUSTA LE POLARIZZAZIONI PERMETTENDO MI DI SFRUTTARE
TUTTA LA DINAMICA.

IL GUADAGNO IN QUESTA RETE E' :

$$G_{DIFF} \approx \left(\frac{R_c}{r_e} \right)^2 = 10^4$$

$$G_{M.C.} \approx \left(\frac{R_c}{2(GEN. IN CORRENTE)} \right)^2 = 10^{-6}$$

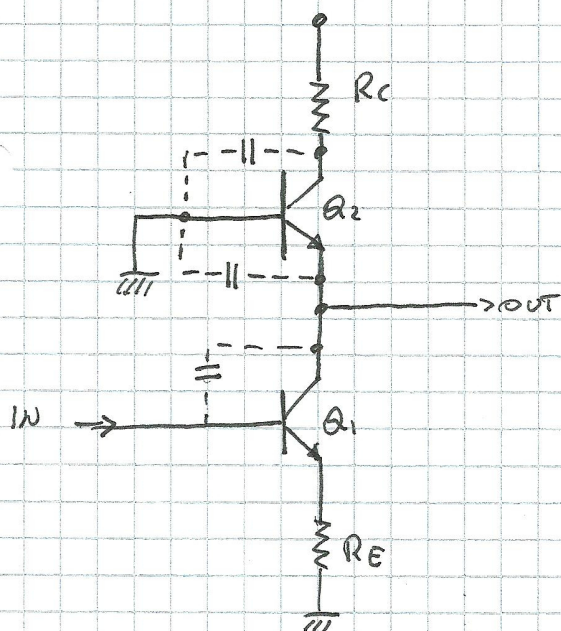
DOBBIAMO RISOLTO IL PROBLEMA DEL GUADAGNO, QUELLO DELLA
REIEZIONE, QUELLO DELLE ATTENUAZIONI, QUELLO DELL' INTEG
RAZIONE E QUELLO DELLA POLARIZZAZIONE.

RESTA LA QUESTIONE DELLA BANDA PASSANTE.

PER ABBATTERE LE CAPACITA' DI MILLER, SENZA RINUNCIARE
AD UN INGRESSO AD ALTA IMPEDENZA, RICORRO ALL'ESPEDIENTE
DEL COSCODE.

RICORDIAMO

IL COSCODE E' UN circuito COSTITUITO DA DUE TRANSISTOR
IN COSERTA DI CUI UNO IN CONFIGURAZIONE C.E. E
L'ALTRO IN CONFIGURAZIONE B.C. IL C.E. (SU CUI
SI PRESENTA LA CAPACITA' DI MILLER MOLTIPLICATA PER
IL GUADAGNO CHE LIMITA LA BANDA PASSANTE DI UNA
CERTA FREQUENZA DI TAGLIO) E' UN TRANSISTOR CHE
 $R_c = r_{e2}$ quindi guadagno $Q1=1$
NON GUADAGNA (NON HA RESISTENZA SULLE COLLETTORI), MA
PRESENTA UN'ELEVATA IMPEDENZA DI INGRESSO. L'AMPLIFICAZIONE
E' AFFIDATA AL TRANSISTOR B.C. $Q2$ base a massa CHE NON HA PROBLEMI
DI BANDA PASSANTE PERCHE' TUTTE LE EVENTUALI CAPACITA'
PARASSITE CHE POSSONO PRESENTARSI, SONO COLLEGATE A
MASSA E QUINDI non trasmettono per le frequenze
e quindi agiscono da singole capacita'



$$g(Q_1) = \frac{r_{e2}(Q_2)}{R_E} < 1$$

$$g(Q_2) = \frac{R_C}{r_{e2}(Q_2)} \sim 10^3$$

$$Z_{in} = R_E \cdot h_{FE} \sim M\Omega$$

UNO STADIO CON CARICHI ATTIVI PER ALTE FREQUENZE E
QUINDI :

