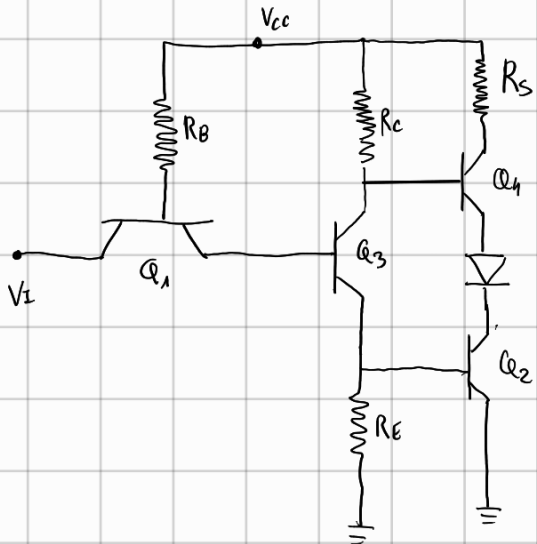


1)



- $\beta_F = 20$
- $\beta_R = 0,05$
- $V_{CC} = 5V$
- $R_B = 5K\Omega$
- $R_C = 2K\Omega$
- $R_E = 1,25K\Omega$
- $R_S = 130\Omega$

a) Fam out per uscita alta e bassa.

USCITA ALTA: Suppongo di avere livello alto in uscita che pilota n porte in parallelo.

1) Quanto out è alto, la TTL assorbe corrente.

Ogni invertitore assorbe $I_H \Rightarrow$ ho N invertitori collegati $\Rightarrow N I_H$.

Remember: Q_3 spento

$$V_{out} = V_{CC} - R_C \Delta I_{B4} - V_{BE4} - V_D = 3,6 - R_C \Delta I_{B4} = 3,6 - R_C \cdot \frac{\Delta I_{E4}}{\beta_F + 1} \approx 3,6 - \frac{R_C N I_H}{\beta_F + 1}$$

Al crescere di N, tensione in uscita diminuisce.

Qual è il valore minimo accettabile su V_{OH} ?

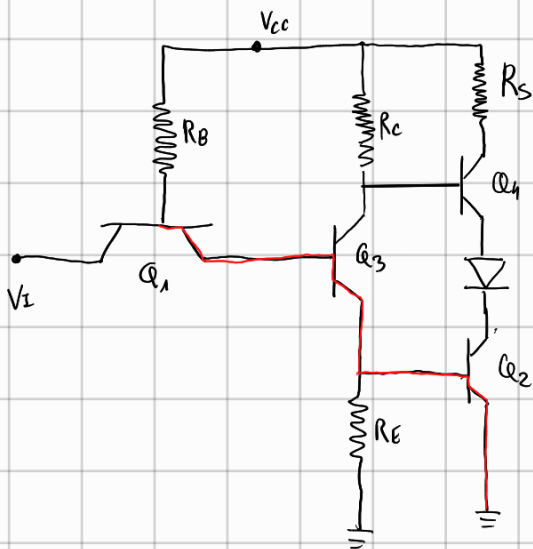
La V_{OH} pilota N TTL con ingresso alto.

Valore minimo di V_{OH} che fa funzionare TTL: Q_1 deve lavorare in ZAI. Quindi giunzione BE contro polarizzata.

\Rightarrow Potenziale su E \geq Potenziale sulla B.

Potenziale sulla base? Quanto ha V_{OH} di input.

$Q_1 \Rightarrow ZAI$ $Q_3 \Rightarrow SAT$ $Q_2 \Rightarrow SAT$ $Q_4 \Rightarrow INTER$



$$V_{B1} = V_{BC1} + V_{BE\text{SAT}3} + V_{BE\text{SAT}2} = 0.7 + 0.8 + 0.8 = 2.3V$$

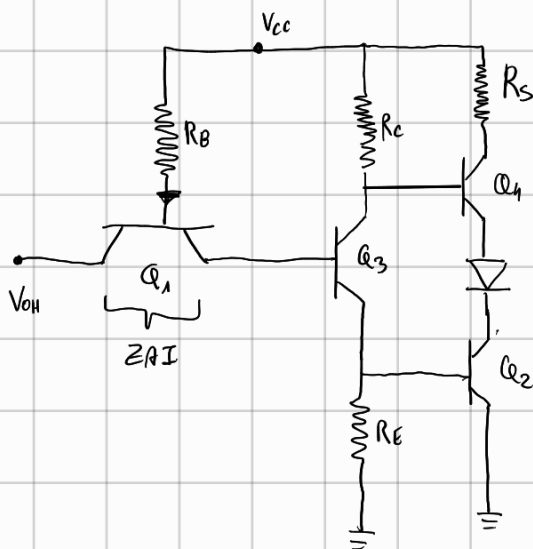
$$OPI: V_{OUT} \geq V_{B1}$$

$$V_{OH, MIN} = 2.3V$$

$$Chiusura: \frac{R_C N I_H}{\beta_F + 1} \leq 1.3$$

$$\Rightarrow N \leq \frac{1.3 (\beta_F + 1)}{R_C I_H} \quad \text{Dopo calcolare } I_H$$

I_H corrente assorbita da livello alto.



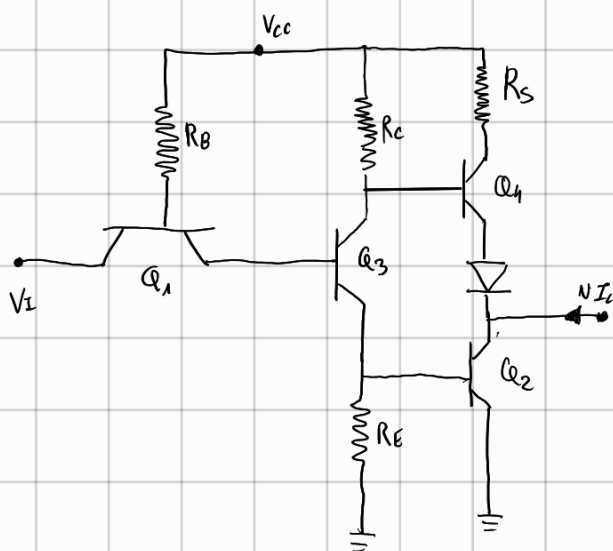
$$ZAI: I_H = -I_E = +I_B \beta_R$$

$$\text{Prima, } V_B = 2.3V \Rightarrow \frac{(V_{CC} - V_{B1})}{R_B} = I_{B1} = \frac{5 - 2.3}{5K} = 540 \mu A$$

$$\Rightarrow I_H = 27 \mu A$$

$$N \leq \frac{1.3 (\beta_F + 1)}{R_C I_H} = 505$$

2) Fam out per uscita bassa:



Q1 TTL eroga una certa corrente che poi entra nel collettore di Q2.

Con uscita bassa, Q2 è in sat, Q3 in sat, Q1 in ZAI, Q4 in ZAI.

Se aumento N aumenta I_{c2} . Q2 tende ad andare in ZAI e V_{out} tende a salire.

Non accettiamo che $V_{CE2} > 0.15V$

Rientra il $\beta_{FORCED} = \frac{I_{c2}}{I_{B2}}$ con Q2 in saturazione
 \rightarrow NORMALLY $\frac{I_{c2}}{I_{B2}} < \beta_F$

So che $V_{CE}(\beta_{FOR})$ esiste. Trovo $\beta_{FOR} / V_{CE}(\beta_{FOR}) = 0.15V$

$$\alpha_R = \frac{\beta_R}{1 + \beta_R}$$

$$V_{CESAT} = V_T \ln \left(\frac{1}{\alpha_R} \cdot \frac{1 + \frac{\beta_{FOR}}{\beta_{R+1}}}{1 - \frac{\beta_{FOR}}{\beta_F}} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\alpha_R} \cdot \frac{1 + \frac{\beta_{FOR}}{\beta_{R+1}}}{1 - \frac{\beta_{FOR}}{\beta_F}} = e^{\frac{V_{CESAT}}{V_T}} \quad \text{impongo } V_{CESAT} = 0.15V$$

$$V_T = 0.025V$$

$$\frac{1 + \frac{\beta_{FOR}}{\beta_{R+1}}}{1 - \frac{\beta_{FOR}}{\beta_F}} = e^{\frac{V_{CESAT}}{V_T}} \cdot \alpha_R = 19.21$$

⇒

$$1 + \frac{\beta_{FOR}}{1.05} = 19.21 \cdot \left(1 - \frac{\beta_{FOR}}{20}\right)$$

$$1.05 + \beta_{FOR} = 20.17 \left(1 - \frac{\beta_{FOR}}{20}\right)$$

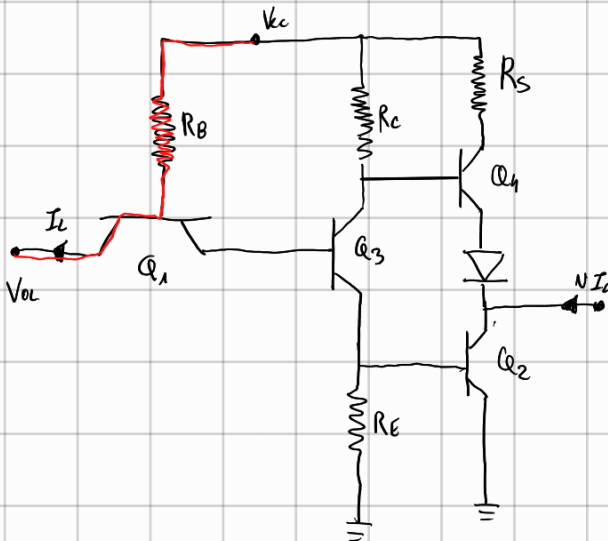
$$21 + 20\beta_{FOR} = 403.4 - 20.17\beta_{FOR}$$

$$40.17\beta_{FOR} = 382.4$$

$$\beta_{FOR} = 9.52 \quad \text{valore limite di } \beta_{FOR}$$

$$\beta_{FOR} = \frac{NI_L}{I_{B2}} \Rightarrow N < 9.52 \cdot \frac{I_{B2}}{I_L}$$

Calcolo I_L :

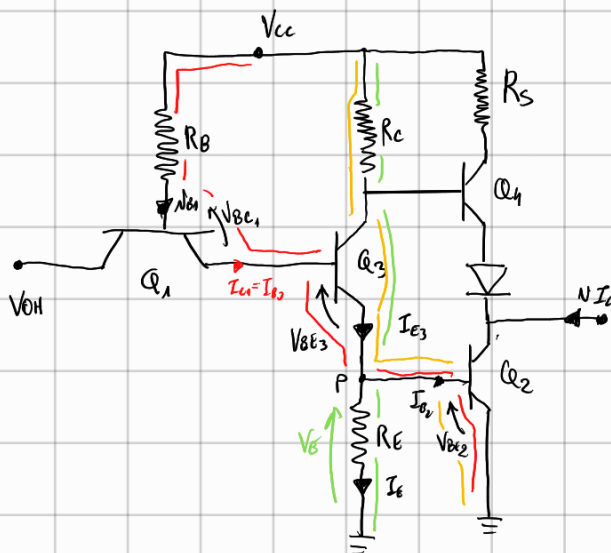


- Q_1 saturaz. a coll. aperto. Q_3, Q_2 spez. Q_4 ZAD.

$$V_{CC} - R_B I_{B2} - V_{BE1} - V_I = 0$$

$$I_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_I}{R_B} = 810 \mu A \approx I_L$$

Calcolo N_{B2} :



1) $V_{CC} - R_B I_{B1} - V_{BE1} - V_{BE3} - V_{BE2} = 0$ MAGLIA ROSSA

$$I_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE3} - V_{BE2}}{R_B} = 540 \mu A$$

$$I_{E1} = I_{B3} = (\beta + 1) I_{B1} = 567 \mu A$$

2) $V_{CC} - R_C I_{C3} - V_{CESAT3} - V_{BE2} = 0$ MAGLIA GIALLA

$$I_{C3} = \frac{V_{CC} - V_{CESAT3} - V_{BE2}}{R_C} = 2.025 \text{ mA}$$

3) $V_{CC} - R_C I_{C3} - V_{CESAT3} - R_E I_E = 0$ MAGLIA VERDE

$$I_E = \frac{V_{CC} - R_C I_{C3} - V_{CESAT3}}{R_E} = 640 \mu A$$

Anche calcolabile come: $V_E \cdot \frac{1}{R_E} = V_{BE2} \cdot \frac{1}{R_E}$ perché sono in //

$\Rightarrow I_{E3} = I_{B3} + I_{C3} = 2.592 \text{ mA}$ KIRKHOFF SU NODO P

$$I_E + I_{B2} = I_{E3} \Rightarrow I_{B2} = I_{E3} - I_E = 1.952 \text{ mA}$$

ORA:

$$N < 9.52 \cdot \frac{I_{B2}}{I_L} \Rightarrow N < 9.52 \cdot \frac{1.952 \cdot 10^{-3}}{810 \cdot 10^{-6}} = 22.9 \approx 22$$

