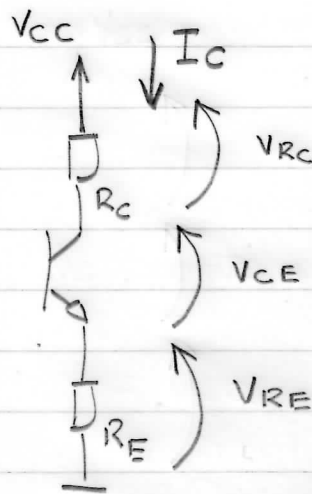


Retas de Carga
(Emmes Common)

Retas de Carga (Emissor Comum)

1. CC



Da Lei das Tensões temos que:

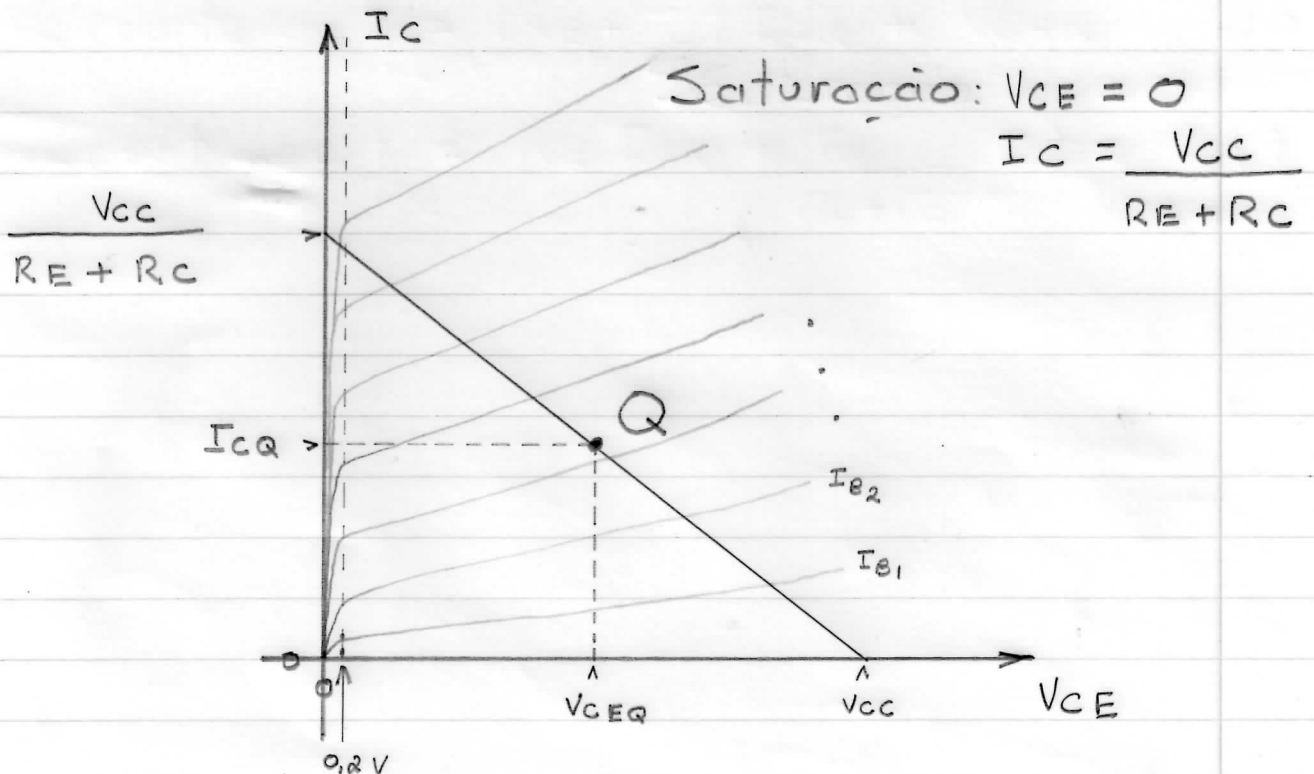
$$V_{RE} + V_{CE} + V_{RC} = V_{CC}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (R_E + R_C) I_C \quad (1)$$

$$I_C = \frac{-1}{R_E + R_C} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_E + R_C} \quad (2)$$

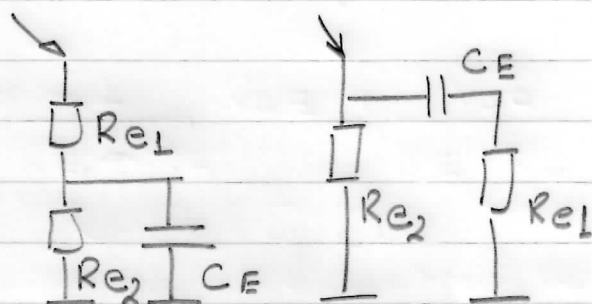
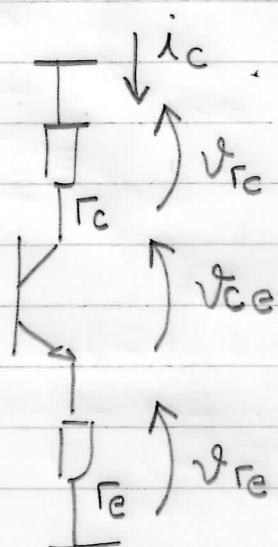
(1) e (2) são as equações da reta de carga cc. Desenhando temos:

Corte: $I_C = 0$
 $V_{CE} = V_{CC}$



2. C.A.

Inativando V_{CC} e curto circuitando os capacitores C_C e C_E , a resistência vista pelo coletor será $r_c = R_C // R_L$, e a vista pelo emissor será $r_e = R_{E1}$ ou $r_e = R_{E1} // R_{E2}$:



$$r_e = R_{E1}$$

$$r_e = R_{E1} // R_{E2}$$

Da Lei das Tensões temos que:

$$v_{re} + v_{ce} + v_{rc} = 0$$

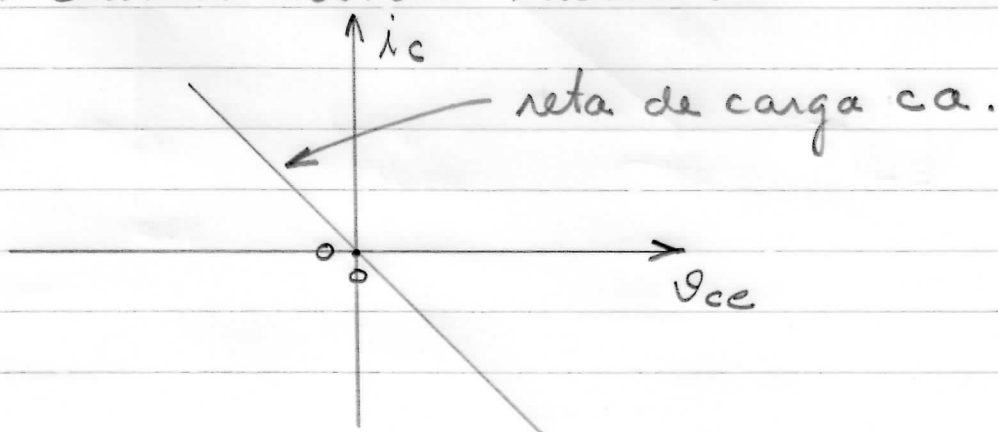
$$v_{ce} = -(r_e + r_c) i_c$$

(3)

$$i_c = -\frac{1}{(r_e + r_c)} v_{ce}$$

(4)

(3) e (4) são as equações da reta de carga ca. Desenhando temos:



No entanto, como as variações de corrente e tensão c.a. não ocorrem em torno da origem, mas sim em torno do ponto quiescente Q , deslocaremos a origem da reta de carga c.a. de $(0,0)$ para (I_{CQ}, V_{CEQ}) .

O deslocamento no eixo vertical será feito somando à i_c , I_{CQ} , e o deslocamento no eixo horizontal, somando-se à V_{ce} , V_{CEQ} :

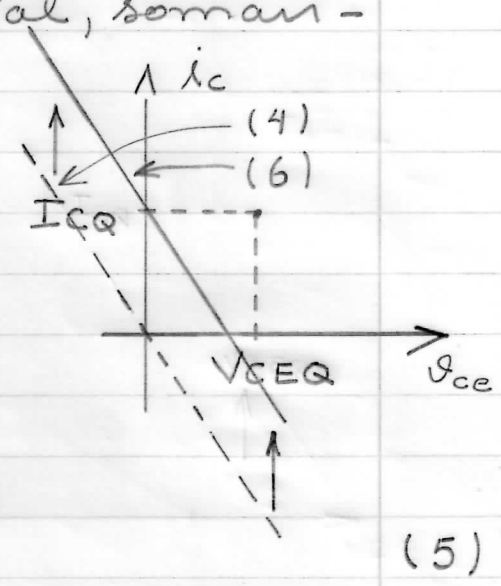
Deslocamento na vertical.

(somando I_{CQ} aos dois lados de (4) temos:)

$$(i_c + I_{CQ}) = -\frac{1}{r_e + r_c} V_{ce} + I_{CQ}$$

i_{cQ} $r_e + r_c$

$$i_{cQ} = -\frac{1}{r_e + r_c} V_{ce} + I_{CQ}$$



(5)

$$V_{ce} = -(r_e + r_c) i_{cQ} + (r_e + r_c) I_{CQ}$$

Deslocamento na horizontal.

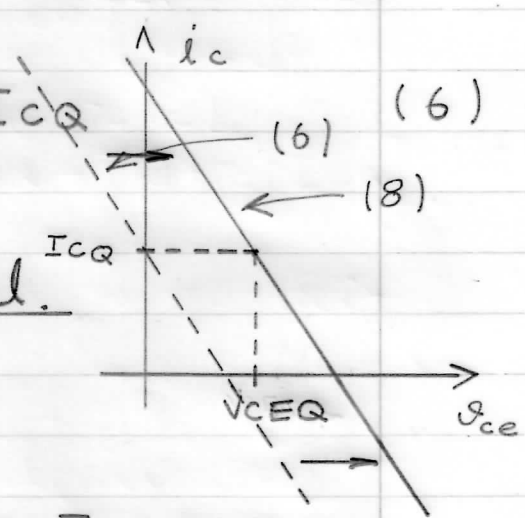
(somando V_{CEQ} aos dois lados de (6) temos:)

$$(V_{ce} + V_{CEQ}) = -(r_e + r_c) i_{cQ} + (r_e + r_c) I_{CQ} + V_{CEQ}$$

V_{ceQ}

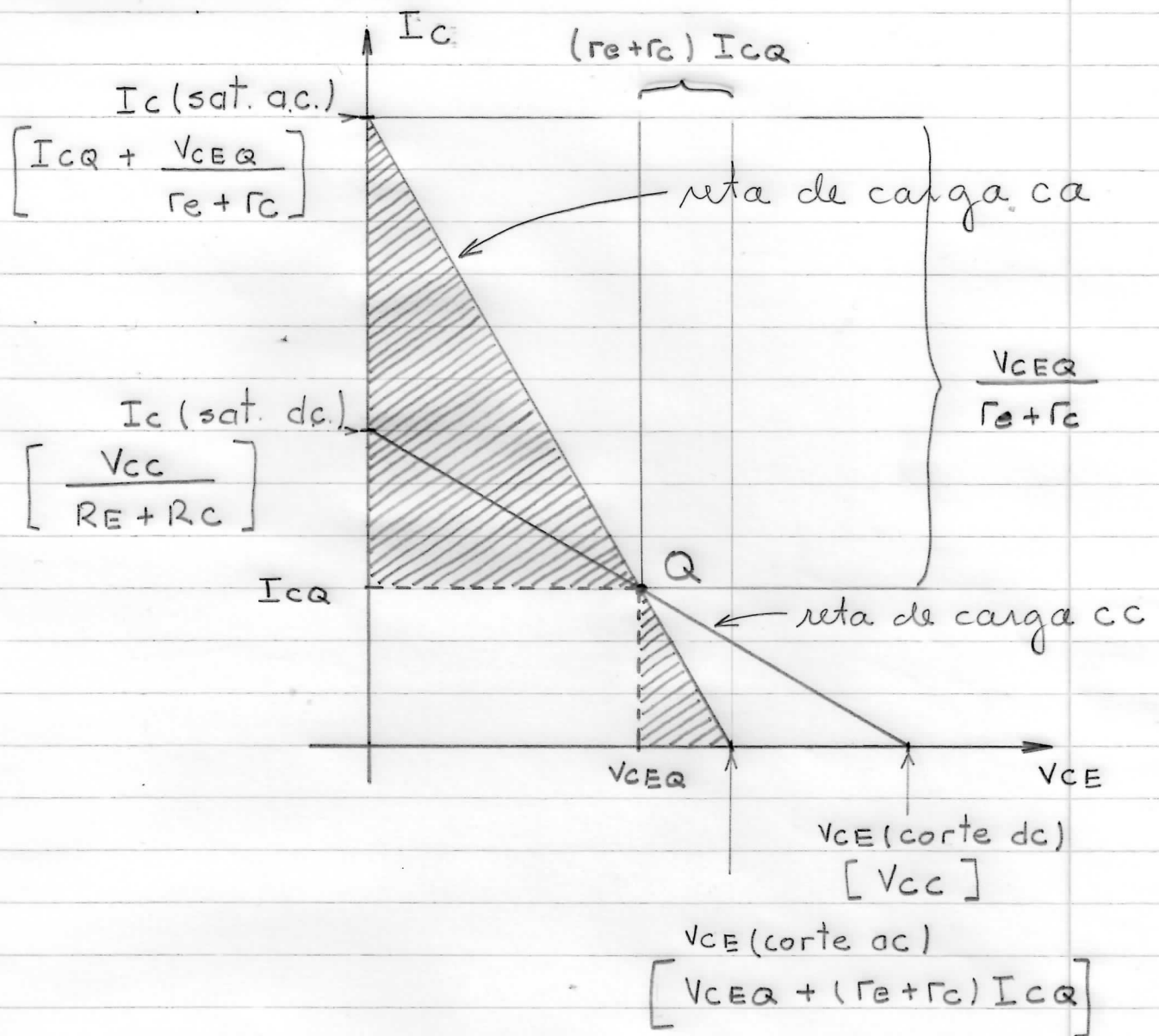
$$V_{ceQ} = -(r_e + r_c) i_{cQ} + (r_e + r_c) I_{CQ} + V_{CEQ}$$

$$i_{cQ} = -\frac{1}{r_e + r_c} V_{ceQ} + I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{r_e + r_c}$$



(8)

Plotando as retas de carga ac e dc no mesmo plano cartesiano:



Analisando a reta de carga ac acima, temos:

Triângulo 1 $\rightarrow I_c(\text{sat. ac})$ é alcançado quando

$$i_c = \frac{V_{ceQ}}{r_e + r_c}$$

$$v_{ce} = -V_{ceQ}$$

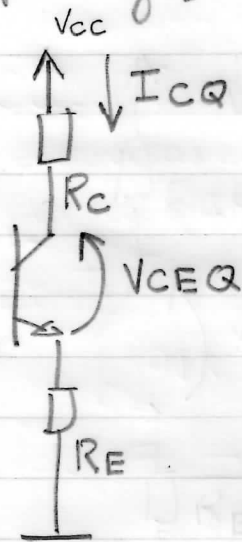
Triângulo 2 $\rightarrow$ $V_{CE}(\text{corte ac})$ é alcançada quando

$$i_c = -I_{CQ}$$

$$V_{ce} = (r_e + r_c) I_{CQ}$$

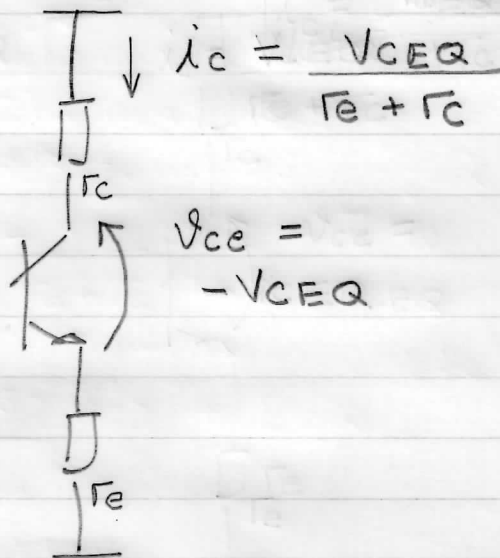
Transportando esta análise de V_{CE} para V_c temos:

NQ
polarização



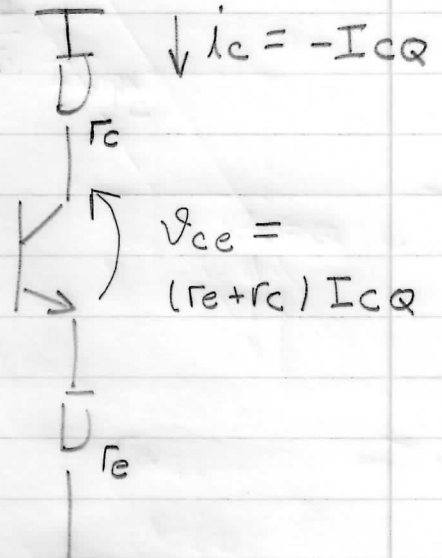
$$V_{CQ} = \underbrace{[R_E I_{CQ} + V_{CEQ}]}_{\text{parcela dc}}$$

NQ
saturação ac



$$V_c(\text{sat. ac}) = \underbrace{\left[\frac{V_{CEQ} \cdot r_e}{r_e + r_c} - V_{CEQ} \right]}_{\text{parcela ac}}$$

NQ
corte ac



$$V_c(\text{corte ac}) = \underbrace{[(r_e + r_c) I_{CQ} - r_e I_{CQ}]}_{\text{parcela ac}}$$

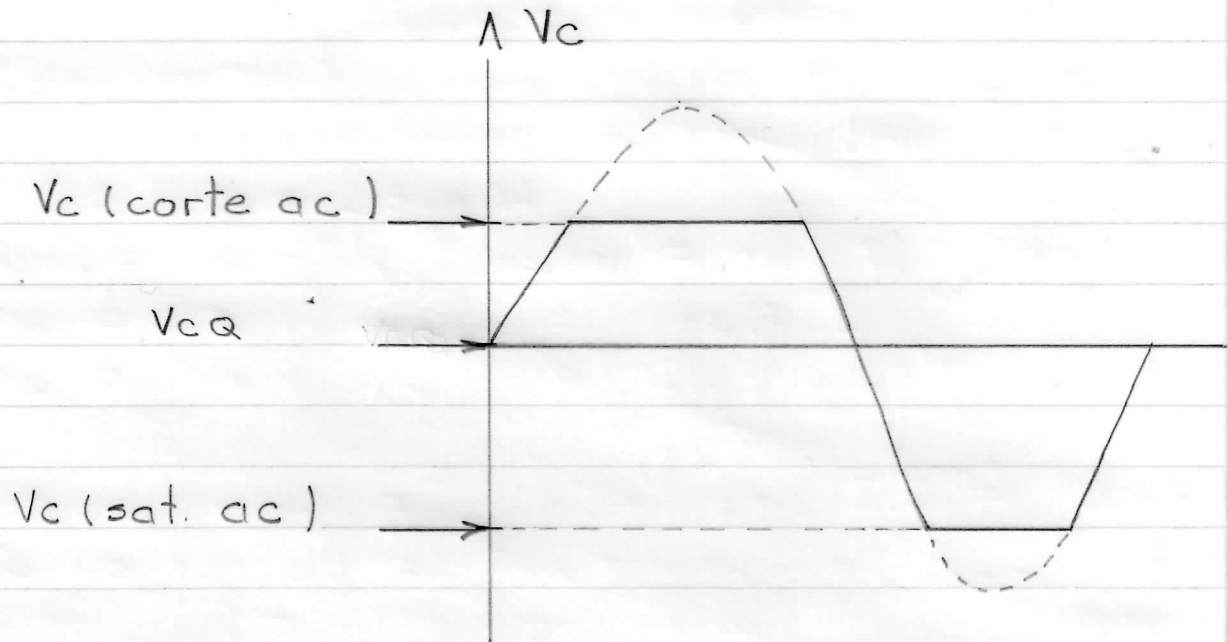
$$V_c(\text{sat. ac}) = \underbrace{R_E I_{CQ} + V_{CEQ}}_{\text{parcela dc}} + \underbrace{\frac{V_{CEQ} r_e}{r_e + r_c} - V_{CEQ}}_{\text{parcela ac}}$$

$$V_c(\text{sat. ac}) = R_E I_{CQ} + \frac{r_e}{r_e + r_c} V_{CEQ} \quad (9)$$

$$V_c(\text{corte ac}) = R_E I_{CQ} + V_{CEQ} + (r_e + r_c) I_{CQ} - r_e I_{CQ}$$

$$V_c(\text{corte ac}) = (R_E + r_c) I_{CQ} + V_{CEQ} \quad (10)$$

O sinal c.a. no coletor ficará limitado pelo corte e saturação como mostra o desenho abaixo:



$$V_{CQ} = V_{CEQ} + R_E I_{CQ} \quad (11)$$

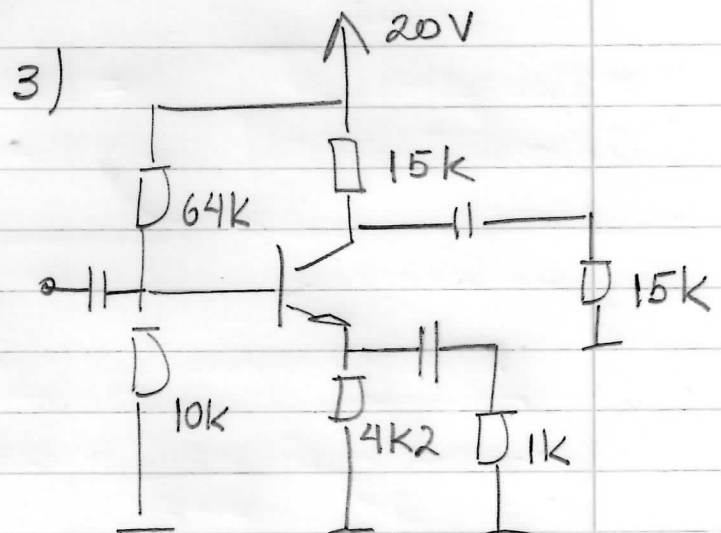
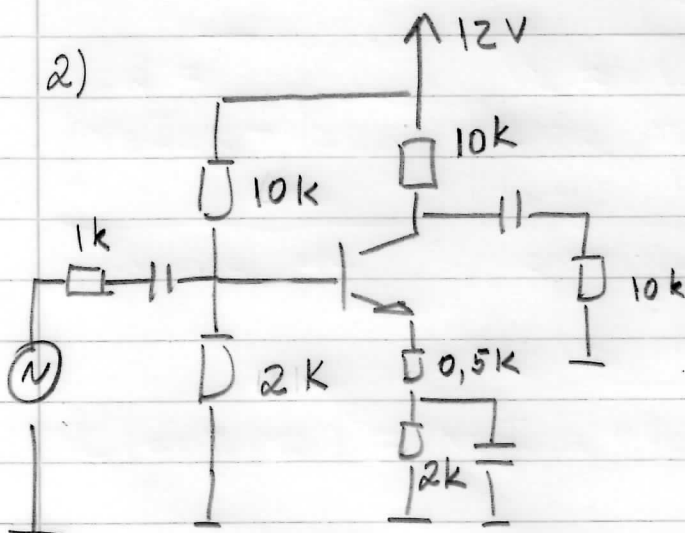
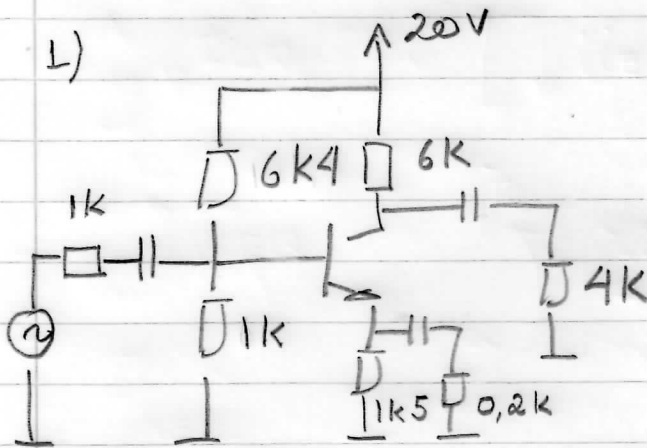
$$V_c(\text{corte ac}) = (R_E + r_c) I_{CQ} + V_{CEQ} \quad (10)$$

$$V_c(\text{sat. ac}) = R_E I_{CQ} + \frac{r_e}{r_e + r_c} V_{CEQ} \quad (9)$$

Exercício:

Para cada um dos amplificadores E.C.:

1. Desenhe as retas de carga CC e CA.
2. Encontre $V_c(\text{sat. ac})$ e $V_c(\text{corte ac})$.
3. Encontre a excursão máxima de V_c .
4. Encontre a V_c máximo sem distorção por corte ou saturação.



Solução Exercício 1.

1.1 Para desenhar as retas de carga CC e CA precisamos de: I_{CQ} , V_{CEQ} , r_e , r_c , $I_c(\text{sat. dc})$, $V_{CE}(\text{corte dc})$, $I_c(\text{sat. ac})$ e $V_{CE}(\text{corte ac})$:

$$I_B = \frac{V_{TH} - 0,7}{R_{TH} - (\beta + 1)R_E} = \frac{2,7 - 0,7}{865 + (101)1K5} = 13,1 \mu A$$

$$I_{CQ} = I_C = \beta I_B = 1,31 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 20 - (R_E + R_C) I_C = 10,1 \text{ V}$$

$$r_e = 200 // 1.500 = 176,5 \Omega$$

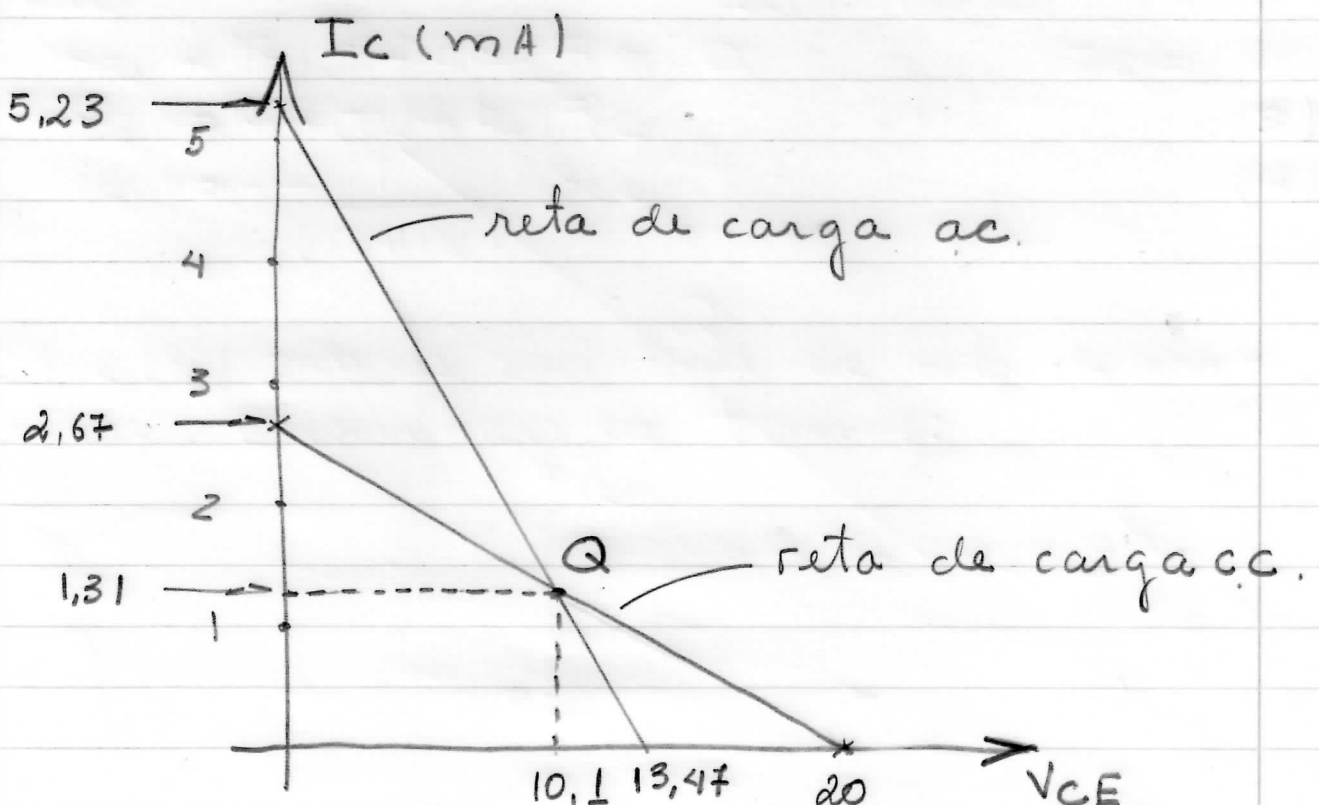
$$r_c = 4K // 6K = 2K41 \Omega$$

$$I_c(\text{sat. dc}) = V_{CC} / (R_E + R_C) = 2,67 \text{ mA}$$

$$V_{CE}(\text{corte dc}) = V_{CC} = 20 \text{ V}$$

$$I_c(\text{sat. ac}) = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{r_e + r_c} = 5,23 \text{ mA}$$

$$V_{CE}(\text{corte ac}) = V_{CEQ} + (r_e + r_c) I_{CQ} = 13,47 \text{ V}$$



1.2

$$V_{CQ} = V_{CEQ} + R_E I_{CQ} = 12,065 \text{ V}$$

$$V_C (\text{sat. ac}) = R_E I_{CQ} + \frac{r_e}{r_e + r_c} V_{CEQ}$$

$$= 1k5 \times 1,31m + \frac{176,5}{176,5 + 2k4} \times 10,1 = 2,66 \text{ V}$$

$$V_C (\text{corte. ac}) = (R_E + r_c) I_{CQ} + V_{CEQ}$$

$$= (1k5 + 2k4) 1,31m + 10,1 = 15,2 \text{ V}$$

1.3

$$\begin{aligned} \text{Escursão máxima de } V_C &= 15,2 - 2,66 \\ &= 12,54 \text{ V} \end{aligned}$$

1.4

Tensão de saída máxima sem distorção:

$$12,065 - 2,66 = 9,405 \text{ V}$$

$$15,2 - 12,065 = 3,135 \text{ V} \leftarrow$$

