

Cognome

Nome

Matricola

Nnnnnnnn

Nnnnnnnn

1000002

1. Semplificare come somma minima (riportando i passaggi essenziali) la seguente funzione \mathcal{F} logica:

$$(\overline{B} + \overline{C}) \cdot [(C \oplus C \oplus C) \cdot (D \oplus \overline{E}) + (A + \overline{B}) \cdot (\overline{D} \oplus \overline{E}) + (A + \overline{B} + D + \overline{E}) + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} + (\overline{E} \oplus 1) + (D \oplus 0)] =$$

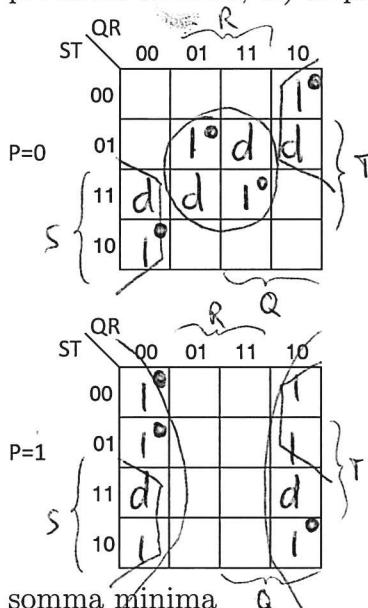
$$\begin{aligned} & BC[(C \oplus C \oplus C) \cdot (D \oplus E) + \overline{A} B \overline{C} + \overline{A} B \overline{D} E + \overline{E} + D] = BC[C \overline{D} \overline{E} + C \overline{D} E + \overline{A} B \overline{C} + \overline{A} B + \overline{E} + D] = \\ & = BC[C + \overline{A} B + \overline{E} + D] = BC \end{aligned}$$

somma minima $\mathcal{F} = \boxed{\quad} B \boxed{C} + \boxed{\quad} \boxed{\quad} \boxed{\quad} + \boxed{\quad} \boxed{\quad} \boxed{\quad} + \boxed{\quad} \boxed{\quad} \boxed{\quad} + \boxed{\quad} \boxed{\quad} \boxed{\quad}$

2. Data la funzione logica non completamente determinata $\mathcal{F}(P, Q, R, S, T)$ tale che:

ON-set = (2, 5, 8, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26), OFF-set = (0, 1, 4, 6, 10, 11, 12, 14, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 30, 31);

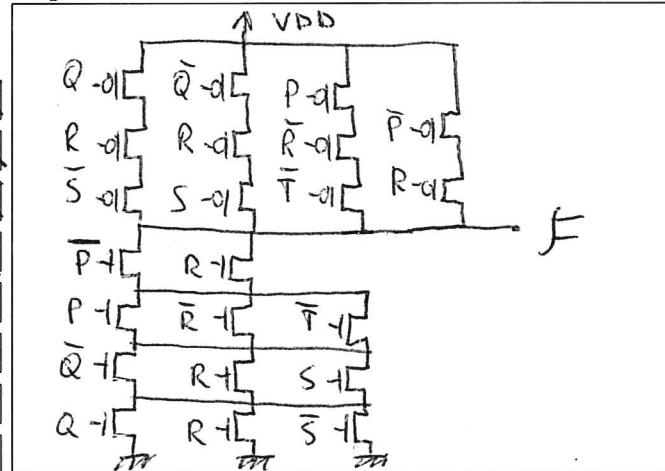
- i) completare la mappa di Karnaugh (indicando implicanti primi, celle singolari, implicanti primi essenziali); ii) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come somma minima; iii) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come prodotto minimo; iv) implementare in logica CMOS la somma minima.



Implicanti Primi
(\times ≡ Essenziali)

	P \overline{R}	\times
	$\overline{P} R T$	\times
	$Q \overline{R} \overline{S}$	\times
	$\overline{Q} \overline{R} S$	\times
	E	
	E	
	E	
	E	

Implementazione Circuitale CMOS:



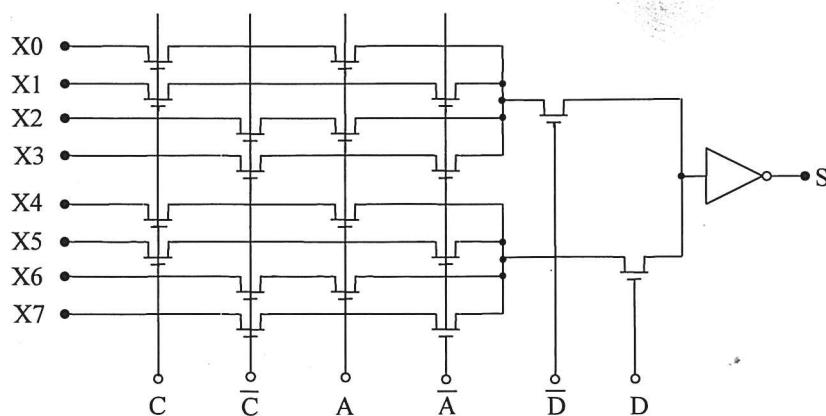
somma minima $F = \boxed{P \cdot \overline{R}} + \boxed{\overline{P} \cdot R \cdot T} + \boxed{Q \cdot \overline{R} \cdot \overline{S}} + \boxed{\overline{Q} \cdot \overline{R} \cdot S} + \boxed{\quad} + \boxed{\quad}$

prodotto minimo

$$F = \left(\overline{P} + \overline{R} \right) \cdot \left(\overline{R} + T \right) \cdot \left(P + Q + R + S \right) \cdot \left(P + \overline{Q} + \overline{R} + \overline{S} \right) \cdot \boxed{\quad}$$

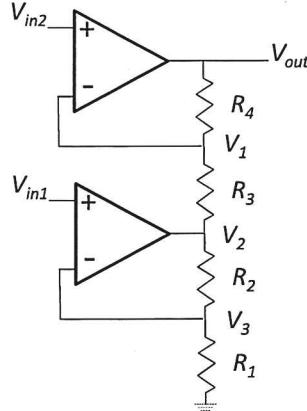
3. Trovare i valori di X0, X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 affinche il circuito implementi la funzione:

$$S(A, B, C, D) = (B + C) \cdot (B + \overline{D}) \cdot (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}) \cdot (A + \overline{B} + D)$$



X0 = <input type="text"/>	X4 = <input type="text"/>
X1 = <input type="text"/>	X5 = <input type="text"/>
X2 = <input type="text"/>	X6 = <input type="text"/>
X3 = <input type="text"/>	X7 = <input type="text"/>

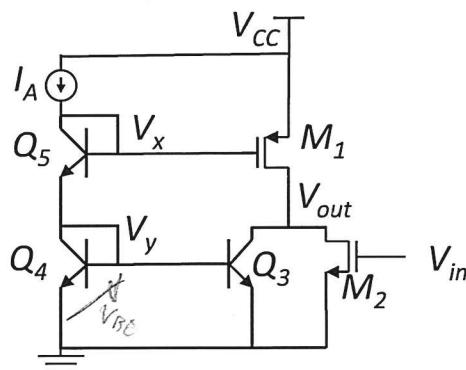
4. Dato il circuito ($V_{in1} = 1 \text{ V}$, $V_{in2} = 3 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 4 \text{ k}\Omega$), determinare:
 i) l'espressione simbolica che lega V_{out} a V_{in1} e V_{in2} ; ii) i valori numerici indicati.



$$V_{out} = V_{in2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) - \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_{in1}$$

V_1	=	+				3	.	0	0	0	V
V_2	=	+				3	.	0	0	0	V
V_3	=	+				1	.	0	0	6	V
V_{out}	=	+				3	.	0	0	0	V

5. Dato il circuito in figura ($V_{cc} = 5 \text{ V}$, $V_T = 25 \text{ mV}$, $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$, $V_{THn} = 1 \text{ V}$, $V_{THp} = -1 \text{ V}$, $\beta_{M1} = \beta_{M2} = 800 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $\beta_{Q3} = \beta_{Q4} = \beta_{Q5} = 100$, $I_A = 1.5 \text{ mA}$, $V_{in} = 2 \text{ V}$), determinare: i) la zona di funzionamento di MOSFET e BJT; ii) le correnti I_{D1} , I_{D2} , I_{C3} , I_{C4} , I_{C5} , e le tensioni V_x , V_y , V_{out} ; iii) i parametri differenziali di MOSFET e BJT.



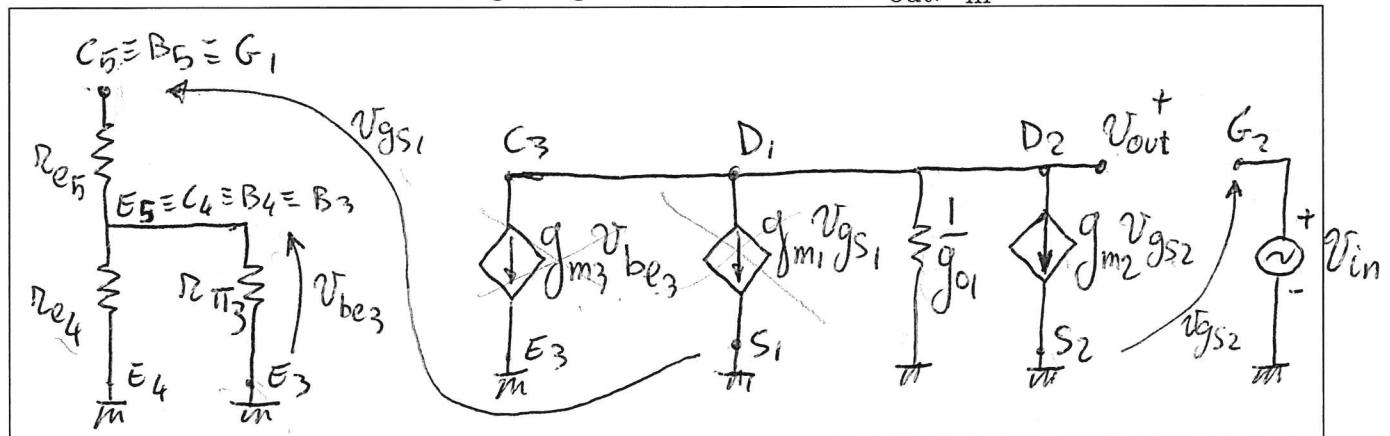
Q3 :	OFF	SAT	TRI	INV
Q4 :	OFF	SAT	TRI	INV
Q5 :	OFF	SAT	TRI	INV

I_{D1} =			1	.	8	7	1	mA
I_{D2} =			0	.	4	0	0	mA
I_{C3} =			1	.	4	7	1	mA
I_{C4} =			1	.	4	7	1	mA
I_{C5} =			1	.	4	8	5	mA
V_x =			1	.	2	0	0	V
V_y =			0	.	6	0	0	V
V_{out} =			3	.	9	7	9	V

M1 :	SAT	TRI	OFF
M2 :	SAT	TRI	OFF

$g_{m1} =$			0	.	8	1	7	mS	
$g_{o1} =$			1	.	4	2	3	mS	
$g_{m2} =$			0	.	8	0	0	mS	
$g_{o2} =$			0	.	0	0	0	mS	
$g_{m3} =$			5	8	.	8	2	4	mS
$r_{\pi 3} =$			1	.	7	0	0	k Ω	
$g_{m4} =$			5	8	.	8	2	4	mS
$r_{\pi 4} =$			1	.	7	0	0	k Ω	
$g_{m5} =$			5	9	.	4	0	6	mS
$r_{\pi 5} =$			1	.	6	8	3	k Ω	

Relativamente all'esercizio precedente, disegnare il circuito equivalente alle variazioni e calcolare sia in forma simbolica che numerica il guadagno di tensione $A_V = v_{out}/v_{in}$



$$v_{out}/v_{in} = -g_{m2}/g_{o1}$$

$$v_{out}/v_{in} = - \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{5} \boxed{6} \boxed{2} \text{ V/V}$$

Cognome

Nome

Matricola

Mmmmmmm

Mmmmmmm

1000001

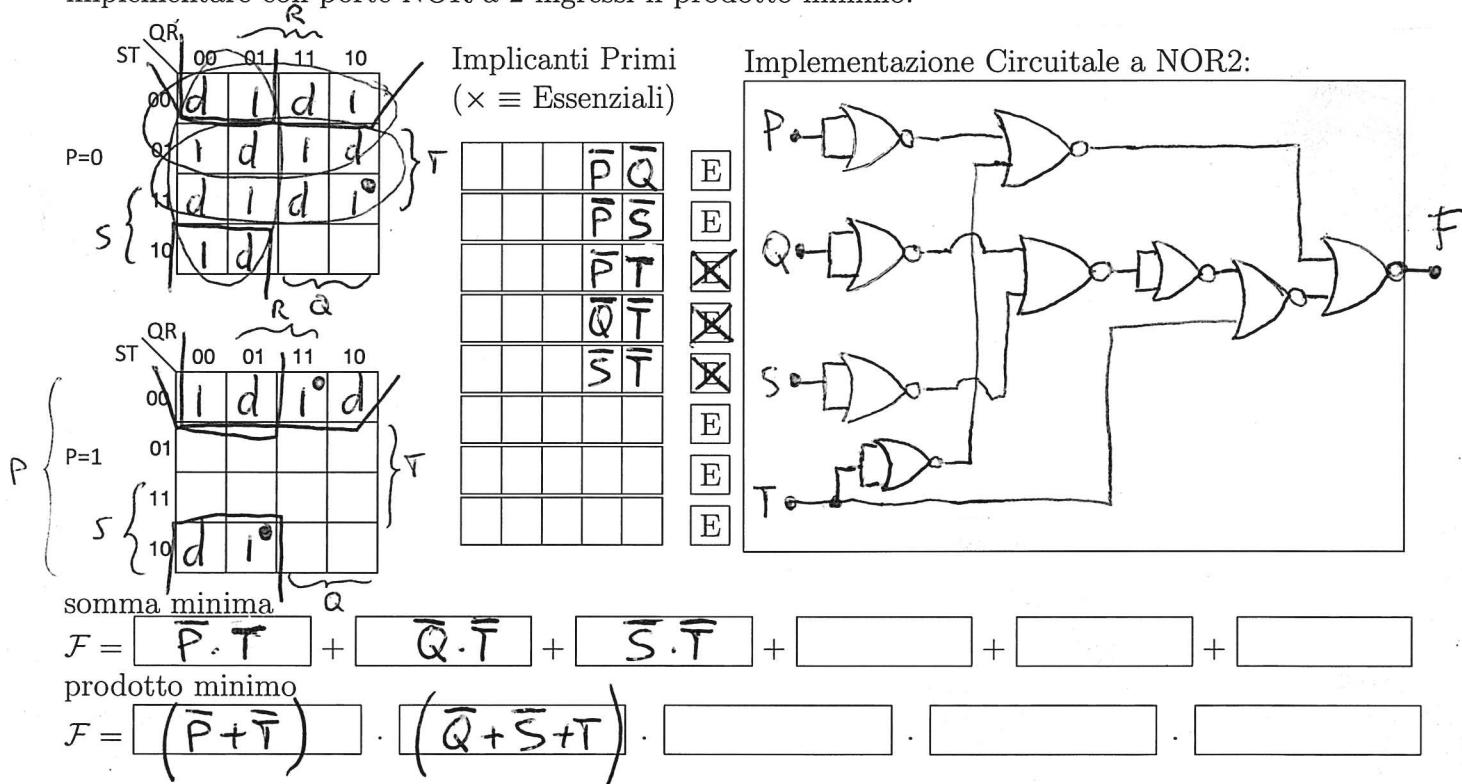
1. Semplificare come somma minima (riportando i passaggi essenziali) la seguente funzione \mathcal{F} logica:

$$\begin{aligned}
 & E \cdot \{ [A \oplus (A + B)] \cdot [\overline{C} \oplus (C + D)] + E \cdot (\overline{A} + \overline{B}) + C \cdot \overline{E} \} \cdot (\overline{A} + B + C + E) = \\
 & E \cdot \{ [A \cdot (\overline{A} + B) + \overline{A} \cdot (A + B)] \cdot [C \cdot (C + \overline{D}) + \overline{C} \cdot (C + D)] + E \cdot \overline{A} \cdot B + C \cdot \overline{E} \} = E \cdot \{ (\overline{A} \cdot B) \cdot (C + \overline{C} \cdot \overline{D}) + \\
 & + E \cdot \overline{A} \cdot B + C \cdot \overline{E} \} = E \cdot \{ \overline{A} \cdot B \cdot (C + \overline{D}) + \overline{A} \cdot B \cdot E + C \cdot \overline{E} \} = E \cdot \{ \overline{A} \cdot B \cdot C + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot B \cdot E + C \cdot \overline{E} \} = \text{cons.} \\
 & = E \cdot \{ \overline{A} \cdot B \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot B \cdot E + C \cdot \overline{E} \} = \overline{A} \cdot B \cdot \overline{D} \cdot E + \overline{A} \cdot B \cdot E = \overline{A} \cdot B \cdot E \cdot (1 + \overline{D}) = \overline{A} \cdot B \cdot E = A + \overline{B} + \overline{E}
 \end{aligned}$$

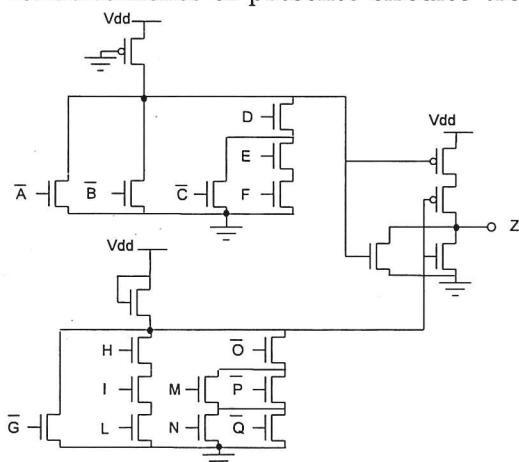
somma minima $\mathcal{F} = \boxed{\quad} A + \boxed{\quad} \overline{B} + \boxed{\quad} \overline{E} + \boxed{\quad} \boxed{\quad} + \boxed{\quad} \boxed{\quad} \boxed{\quad}$

2. Data la funzione logica non completamente determinata $\mathcal{F}(P, Q, R, S, T)$ tale che:

ON-set = (1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 16, 22, 28), DC-set = (0, 3, 5, 6, 9, 12, 15, 18, 20, 24); *i*) completare la mappa di Karnaugh (indicando implicanti primi, celle singolari, implicanti primi essenziali); *ii*) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come somma minima; *iii*) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come prodotto minimo; *iv*) implementare con porte NOR a 2 ingressi il prodotto minimo.



3. Relativamente al presente circuito trovare l'espressione di Z.



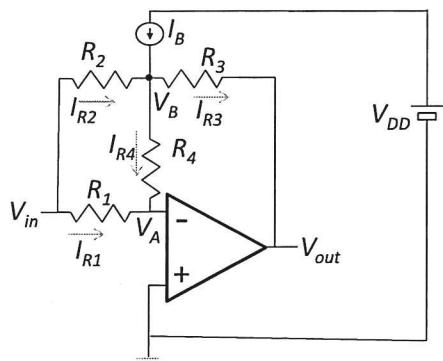
$$Z = \left[\overline{A} + \overline{B} + D \cdot (\overline{C} + E \cdot F) \right] \cdot \left[\overline{G} + H \cdot I \cdot L + \overline{O} \cdot (M + \overline{P})(N + \overline{Q}) \right]$$

Mmmmmmm Mmmmmmm

1000001

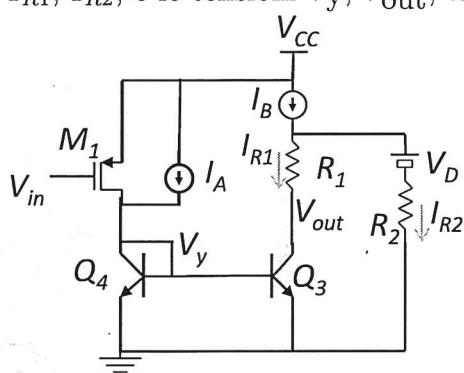
4. Dato il circuito ($V_{in} = 1 \text{ V}$, $I_B = 1 \text{ mA}$ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$), determinare:
 i) l'espressione simbolica che lega V_{out} a V_{in} ; ii) i valori numerici delle grandezze indicate.

$$V_{out} = -R_3 I_B - V_{in} R_3 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{R_4}{R_1 R_2} + \frac{R_4}{R_1 R_3} + \frac{1}{R_1} \right)$$



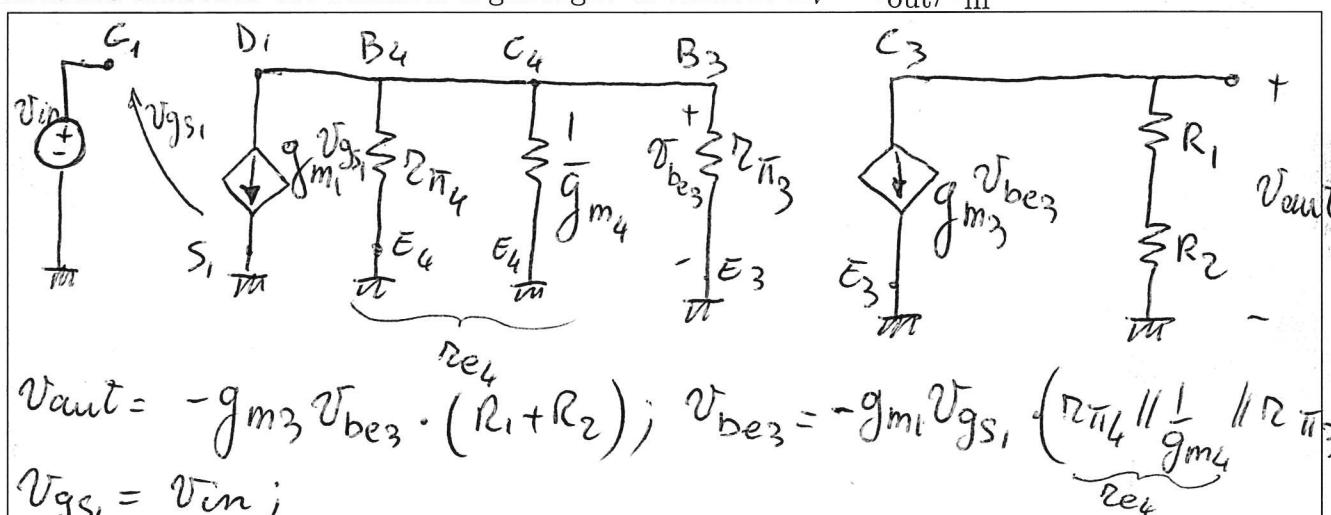
V_A	=	[]	[]	[]	0	0	0	0	V
V_B	=	-	[]	[]	1	0	0	0	V
I_{R1}	=	+	[]	[]	1	0	0	0	mA
I_{R2}	=	+	[]	[]	1	0	0	0	mA
I_{R3}	=	+	[]	[]	3	0	0	0	mA
I_{R4}	=	-	[]	[]	1	0	0	0	mA
V_{out}	=	-	[]	[]	7	0	0	0	V

5. Dato il circuito in figura ($V_{cc} = 5 \text{ V}$, $V_T = 25 \text{ mV}$, $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$, $V_{THp} = -1 \text{ V}$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $\beta_{M1} = 400 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $\beta_{Q3} = \beta_{Q4} = 30$, $V_{in} = 2 \text{ V}$, $V_D = 4 \text{ V}$, $I_A = 500 \mu\text{A}$, $I_B = 2 \text{ mA}$), sapendo che il MOSFET lavora in saturazione e i BJT in normale diretta, determinare: i) le correnti I_{D1} , I_{C3} , I_{C4} , I_{R1} , I_{R2} , e le tensioni V_y , V_{out} ; ii) i parametri differenziali di MOSFET e BJT.



I_{D1}	=	[]	0	8	0	0	mA	
I_{C3}	=	[]	i	2	1	9	mA	
I_{C4}	=	[]	i	2	1	9	mA	
I_{R1}	=	[]	i	2	1	9	mA	
I_{R2}	=	[]	0	7	8	1	mA	
V_y	=	[]	0	6	0	0	V	
V_{out}	=	[]	4	6	5	9	V	
g_{m1}	=	[]	0	8	0	0	mS	
g_{o1}	=	[]	0	0	0	0	mS	
g_{m3}	=	[]	4	8	7	6	0	mS
$r_{\pi 3}$	=	[]	0	6	1	5	k Ω	
g_{m4}	=	[]	4	8	7	6	0	mS
$r_{\pi 4}$	=	[]	0	6	1	5	k Ω	

Relativamente all'esercizio precedente, disegnare il circuito equivalente alle variazioni e calcolare sia in forma simbolica che numerica il guadagno di tensione $A_V = v_{out}/v_{in}$



$$V_{out} = -g_{m3} V_{be3} \cdot (R_1 + R_2); \quad V_{be3} = -g_{m1} V_{gs1} \left(\frac{1}{g_{m4}} \parallel \frac{1}{g_{m3}} \parallel \frac{1}{g_{m2}} \right); \\ V_{gs1} = V_{in};$$

$$\begin{aligned} v_{out}/v_{in} &= g_{m1} \left(\frac{1}{g_{m4}} \parallel \frac{1}{g_{m3}} \parallel \frac{1}{g_{m2}} \right) g_{m3} (R_1 + R_2) \\ &= g_{m1} \left(\frac{1}{g_{m4}} \parallel \frac{1}{g_{m3}} \parallel \frac{1}{g_{m2}} \right) g_{m3} (R_1 + R_2) \end{aligned}$$

Cognome

Nome

Matricola

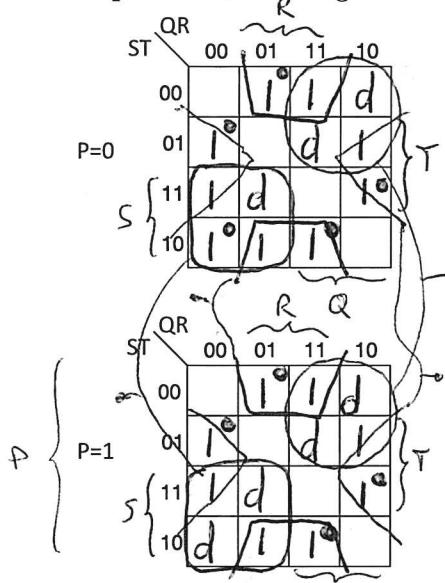
1. Semplificare come somma minima (riportando i passaggi essenziali) la seguente funzione \mathcal{F} logica:

$$\begin{aligned} & [(A+B+C) \oplus (A+\bar{B}+C) \oplus (\bar{A}+B+\bar{C})] + [A \cdot (D+E)] + [(A \oplus \bar{A}) \cdot (B \oplus 0) \cdot (C \oplus 1) \cdot \bar{D} \cdot \bar{E}] + \bar{B} + C = \\ & I \oplus (A+\bar{B}+C) + A \cdot \bar{D} \cdot \bar{E} + I \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} \cdot \bar{E} + \bar{B} + C = (\bar{A}+\bar{B}+C) + A \cdot \bar{D} \cdot \bar{E} + \bar{D} \cdot \bar{E} + \bar{B} + C = \\ & \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{D} \cdot \bar{E} \cdot (A+I) + \bar{B} + C = \bar{A} + \bar{D} \cdot \bar{E} + \bar{B} + C = A \cdot (D+E) \cdot B \cdot \bar{C} = ABC\bar{D} + AB\bar{C}\bar{E} \end{aligned}$$

somma minima $\mathcal{F} = \boxed{ABC\bar{D}} + \boxed{AB\bar{C}\bar{E}} + \boxed{\quad\quad\quad} + \boxed{\quad\quad\quad} + \boxed{\quad\quad\quad}$

2. Data la funzione logica non completamente determinata $\mathcal{F}(P, Q, R, S, T)$ tale che:

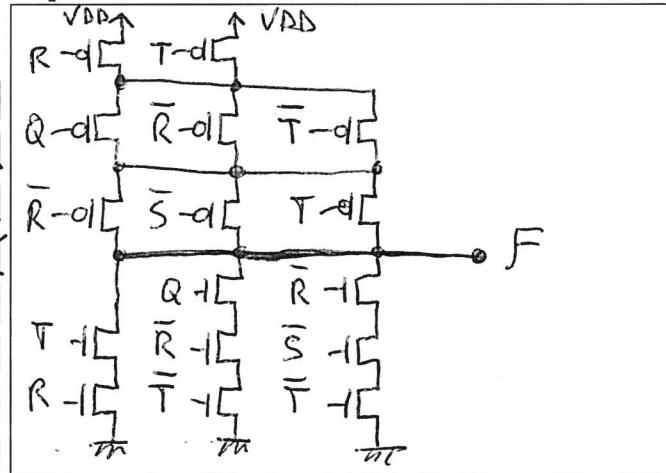
DC-set = (7, 8, 13, 18, 23, 24, 29), OFF-set = (0, 5, 10, 15, 16, 21, 26, 31); *i*) completare la mappa di Karnaugh (indicando implicanti primi, celle singolari, implicanti primi essenziali); *ii*) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come somma minima; *iii*) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come prodotto minimo; *iv*) implementare in logica CMOS il prodotto minimo.



Implicanti Primi
(\times ≡ Essenziali)

	$Q\bar{S}$	E
	$\bar{Q}S$	X
	$R\bar{T}$	X
	$\bar{R}T$	

Implementazione Circuitale CMOS:



somma minima \mathcal{F}

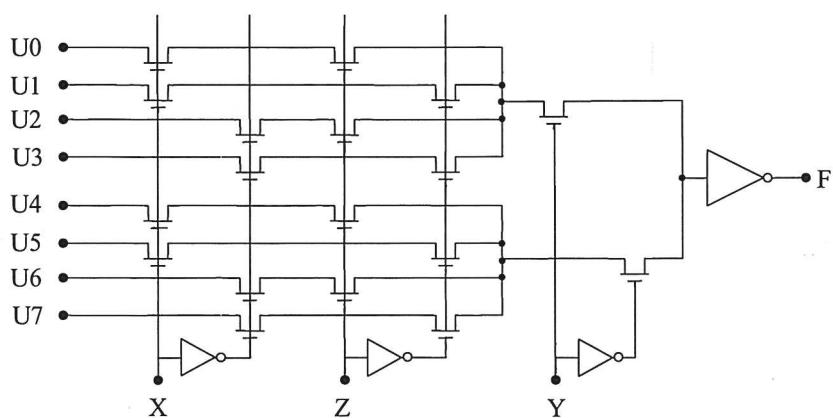
$$\mathcal{F} = \boxed{Q \cdot S} + \boxed{R \cdot \bar{T}} + \boxed{\bar{R} \cdot T} + \boxed{\quad\quad\quad} + \boxed{\quad\quad\quad} + \boxed{\quad\quad\quad}$$

prodotto minimo

$$\mathcal{F} = \boxed{(\bar{R} + \bar{T})} \cdot \boxed{(\bar{Q} + R + T)} \cdot \boxed{(R + S + \bar{T})} \cdot \boxed{\quad\quad\quad} \cdot \boxed{\quad\quad\quad}$$

3. Trovare i valori di U0, U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7 affinché il circuito implementi la funzione:

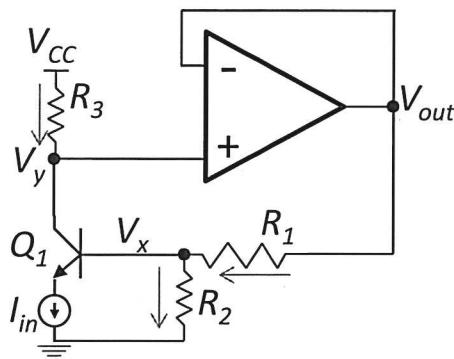
$$F(W, X, Y, Z) = W \oplus X \oplus Y \oplus Z$$



$U_0 = \boxed{W}$	$U_4 = \boxed{\bar{W}}$
$U_1 = \boxed{\bar{W}}$	$U_5 = \boxed{W}$
$U_2 = \boxed{\bar{W}}$	$U_6 = \boxed{W}$
$U_3 = \boxed{W}$	$U_7 = \boxed{\bar{W}}$

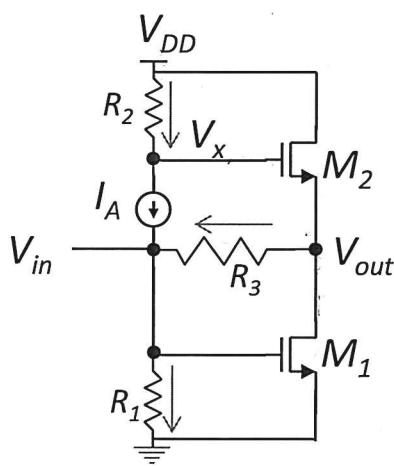
4. Dato il circuito in figura ($V_{CC} = 5 \text{ V}$, $\beta = 100$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $I_{in} = 1 \text{ mA}$), determinare: i) l'espressione simbolica che lega V_{out} a I_{in} ; ii) i valori numerici indicati.

$$V_{out} = V_{CC} - R_3 \frac{\beta}{\beta + 1} I_{in}$$



I_{B1}	[+]	[]	[]	[]	9	.	9	0	1	μA
V_x	[+]	[]	[]	[]	3	.	0	0	0	V
V_{out}	[+]	[]	[]	[]	4	.	0	1	0	V

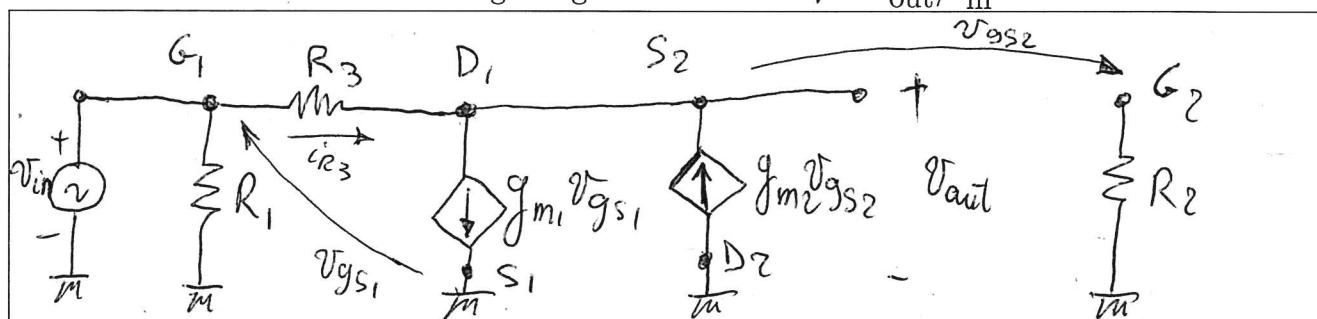
5. Dato il circuito in figura ($V_{DD} = 5 \text{ V}$, $I_A = 100 \mu\text{A}$, $V_{THn} = 1 \text{ V}$, $\beta_{M1} = 1 \text{ mA/V}^2$, $\beta_{M2} = 2 \text{ mA/V}^2$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $V_{IN} = 1.5 \text{ V}$) e ipotizzando che tutti i MOSFET lavorino in saturazione, determinare: i) le correnti I_{D1} , I_{D2} , I_{R1} , I_{R2} , I_{R3} , e le tensioni V_x , V_{out} ; ii) i parametri differenziali dei MOSFET



I_{D1}	[]	[]	0	.	1	2	5	mA
I_{D2}	[]	[]	0	.	5	4	5	mA
I_{R1}	[]	[]	0	.	1	5	0	mA
I_{R2}	[]	[]	0	.	1	0	0	mA
I_{R3}	[]	[]	0	.	4	2	0	mA
V_x	[]	[]	4	.	5	0	0	V
V_{out}	[]	[]	2	.	7	6	1	V

g_{m1}	[]	[]	0	.	5	0	0	mS
g_{o1}	[]	[]	0	.	0	0	0	mS
g_{m2}	[]	[]	1	.	4	7	7	mS
g_{o2}	[]	[]	0	.	0	0	0	mS

Relativamente all'esercizio precedente, disegnare il circuito equivalente alle variazioni e calcolare sia in forma simbolica che numerica il guadagno di tensione $A_V = v_{out}/v_{in}$



$$V_{gs1} = V_{in} ; V_{gs2} = -V_{out} ; V_{in} - V_{out} = i_{R3} R_3 ; i_{R3} = g_m V_{gs1} - g_m V_{gs2}$$

$$V_{in} - V_{out} = (g_m V_{in} + g_m V_{out}) R_3 ; V_{in} (1 - g_m R_3) = V_{out} (1 + g_m R_3)$$

$$v_{out}/v_{in} = (1 - g_m R_3) / (1 + g_m R_3)$$

$$v_{out}/v_{in} = [] [] 0.092 \text{ V/V}$$

Cognome

Nome

Matricola

Mmmmmmmm

Mmmmmmmm

1000001

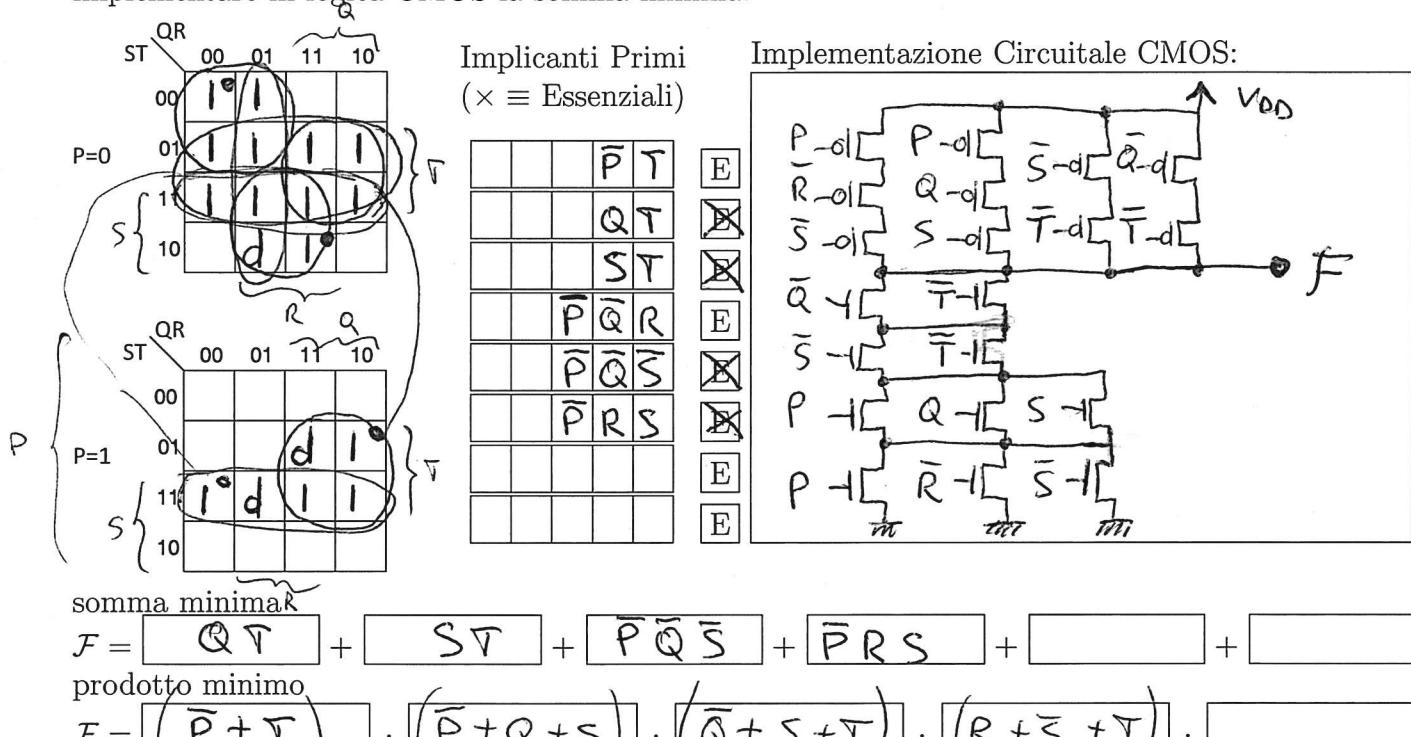
1. Semplificare come somma minima (riportando i passaggi essenziali) la seguente funzione \mathcal{F} logica:

$$\begin{aligned} & \overline{(\overline{A} \cdot D)} + \left[(\overline{B} \oplus \overline{B} \oplus \overline{B} \oplus 1) \cdot \overline{(\overline{D} \oplus 0)} \right] + \left[(1 \oplus \overline{A}) \cdot \overline{B} \right] + \left[(1 \oplus A) \cdot (D \oplus 0) \right] + \overline{(A + \overline{A} \cdot C)} \\ & \underset{\sim}{\cancel{A + \overline{D}}} + \underset{\sim}{\cancel{B \cdot D}} + \underset{\sim}{\cancel{A \cdot \overline{B}}} + \underset{\sim}{\cancel{A \cdot D}} + \underset{\sim}{\cancel{A + C}} = \underset{\sim}{\cancel{A + \overline{D}}} + B + \underset{\sim}{\cancel{A \cdot \overline{C}}} = \underset{\sim}{\cancel{A + \overline{D}}} + B + \underset{\sim}{\cancel{C}} = \\ & = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C \cdot D \end{aligned}$$

somma minima $\mathcal{F} = \overline{A} \overline{B} C D + \boxed{\quad} + \boxed{\quad} + \boxed{\quad} + \boxed{\quad}$

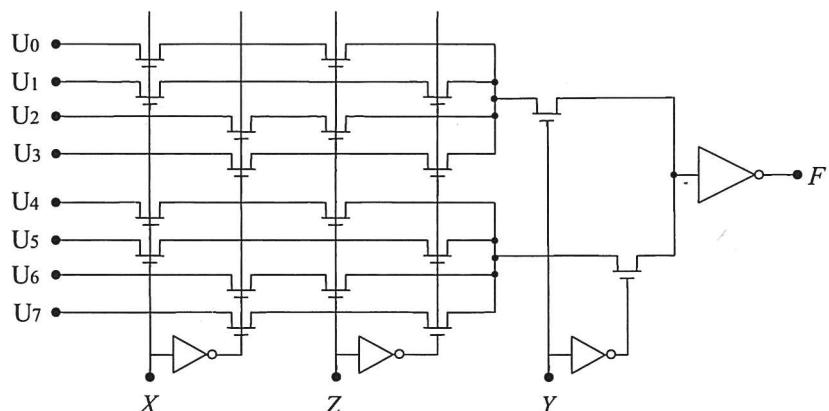
2. Data la funzione logica non completamente determinata $\mathcal{F}(P, Q, R, S, T)$ tale che:

ON-set = (0, 1, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 19, 25, 27, 31), DC-set = (6, 23, 29); *i*) completare la mappa di Karnaugh (indicando implicanti primi, celle singolari, implicanti primi essenziali); *ii*) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come somma minima; *iii*) ricavare l'espressione di \mathcal{F} come prodotto minimo; *iv*) implementare in logica CMOS la somma minima.



3. Dato il circuito in figura, determinare l'espressione della funzione $F(W, X, Y, Z)$ come somma minima

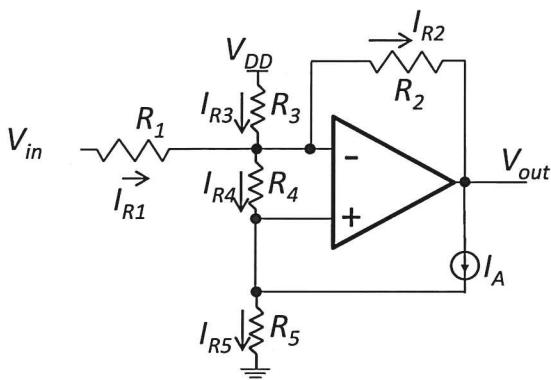
$$F = \overline{W}X + \boxed{W \cdot Z} + \boxed{\overline{Y}Z} + \boxed{\quad} + \boxed{\quad} + \boxed{\quad}$$



$U_0 = W$;	$U_4 = 0$;
$U_1 = W$;	$U_5 = W$;
$U_2 = W$;	$U_6 = 0$;
$U_3 = 1$;	$U_7 = 1$;

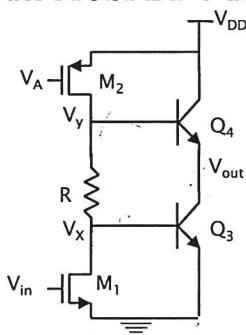
4. Dato il circuito in figura ($V_{in} = 2 \text{ V}$, $V_{DD} = 5 \text{ V}$, $I_A = 2 \text{ mA}$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_4 = R_5 = 1 \text{ k}\Omega$), determinare: *i)* l'espressione simbolica che lega V_{out} a V_{in} ; *ii)* i valori di I_{R1} , I_{R2} , I_{R3} , I_{R4} , I_{R5} , V_{out} .

$$V_{\text{out}} = I_A R_5 R_2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - V_{DD} \frac{R_2}{R_3} - \frac{R_2}{R_1} V_{in}$$



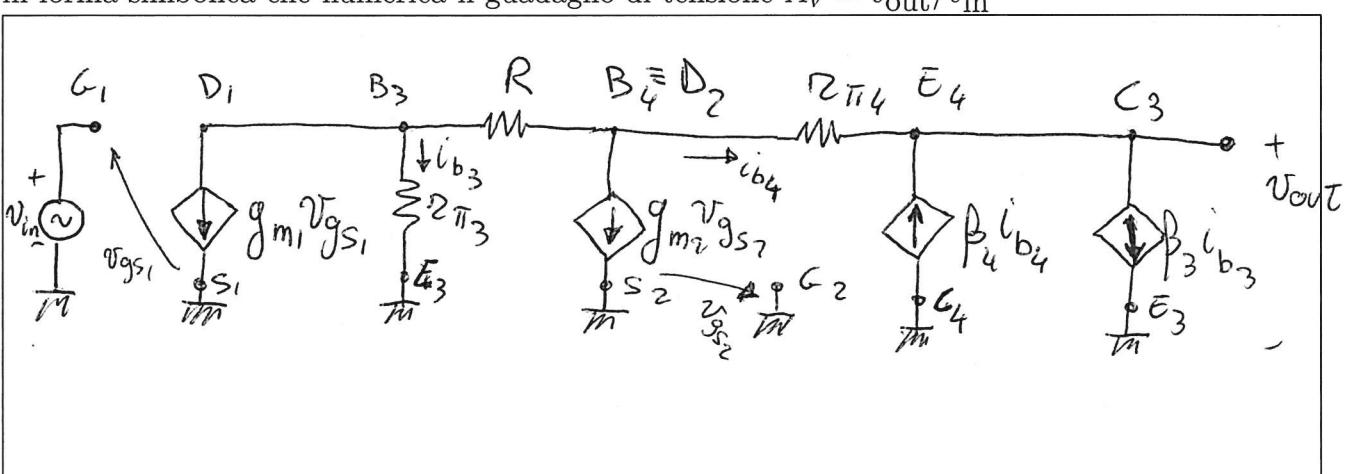
I_{R1}	=	[]	[]	[]	0	.	0	0	0	mA
I_{R2}	=	+	[]	[]	0	.	7	5	0	mA
I_{R3}	=	+	[]	[]	0	.	7	5	0	mA
I_{R4}	=	[]	[]	[]	0	.	0	0	0	mA
I_{R5}	=	+	[]	[]	2	.	0	0	0	mA
V_{out}	=	+	[]	[]	1	.	2	5	0	V

5. Dato il circuito in figura ($V_{DD} = 5$ V, $V_A = 3.5$ V, $V_{IN} = 1$ V, $V_{THn} = 0.5$ V, $V_{THp} = -0.5$ V, $V_T = 25$ mV, $V_\gamma = 0.6$ V, $\beta_{M1} = 200 \mu\text{A/V}^2$, $\beta_{M2} = 100 \mu\text{A/V}^2$, $\beta_{Q3} = 100$, $\beta_{Q4} = 50$, $R = 100 \text{ k}\Omega$, ipotizzando e verificando che M1 e M2 siano saturi e che Q3 e Q4 siano in normale diretta), determinare: i) le correnti I_{D1} , I_{D2} , I_{C3} , I_{C4} , I_R e le tensioni V_X , V_Y , V_{out} ; ii) i parametri differenziali dei MOSFET e dei BJT.



$$\begin{array}{l}
 I_{D1} = 25 \cdot 000 \mu\text{A} \quad g_{m1} = 100 \cdot 000 \mu\text{S} \\
 I_{D2} = 50 \cdot 000 \mu\text{A} \quad g_{o1} = 0 \cdot 000 \mu\text{S} \\
 I_{C3} = 844 \cdot 3 \mu\text{A} \quad g_{m2} = 100 \cdot 000 \mu\text{S} \\
 I_{C4} = 827 \cdot 8 \mu\text{A} \quad g_{o2} = 0 \cdot 000 \mu\text{S} \\
 I_R = 33 \cdot 443 \mu\text{A} \quad g_{m3} = 33 \cdot 772 \text{ mS} \\
 V_x = 0 \cdot 600 \text{ V} \quad r_{\pi 3} = 2 \cdot 961 \text{ k}\Omega \\
 V_y = 3 \cdot 344 \text{ V} \quad g_{m4} = 33 \cdot 112 \text{ mS} \\
 V_{out} = 3 \cdot 344 \text{ V} \quad r_{\pi 4} = 1 \cdot 510 \text{ k}\Omega
 \end{array}$$

6. Relativamente all'esercizio precedente, disegnare il circuito equivalente alle variazioni e calcolare sia in forma simbolica che numerica il guadagno di tensione $A_V = v_{\text{out}} / v_{\text{in}}$



$$v_{\text{out}}/v_{\text{in}} = \left(R + R_{\pi_4} - R_{\pi_3} \frac{1+\beta_4}{\beta_3} \right) \cdot \frac{g_{m_1}}{1 + \frac{1+\beta_4}{\beta_3}}$$

$$v_{\text{out}}/v_{\text{in}} = + \boxed{} \boxed{} \boxed{3}.\boxed{i} \boxed{6} \boxed{3} \text{ V/V}$$