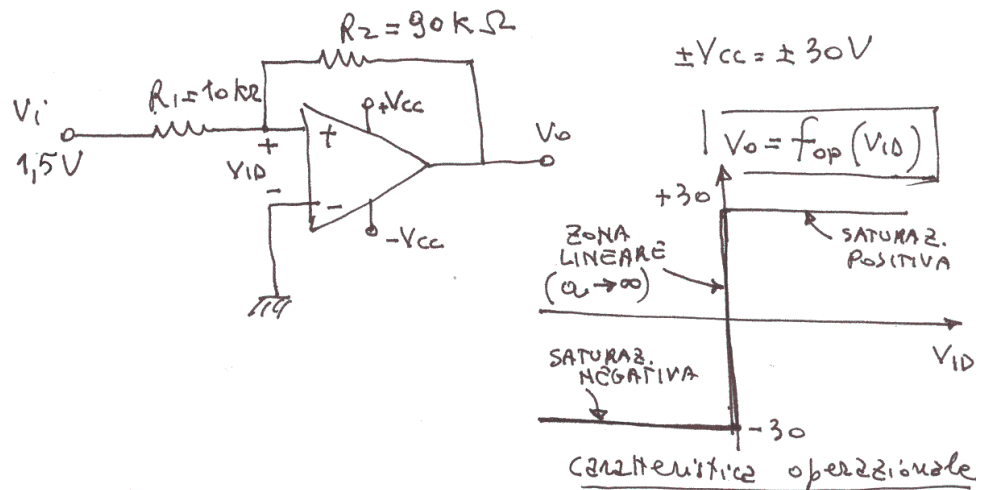


Esercizio - Operazionale con retroazione positiva

(1/4)

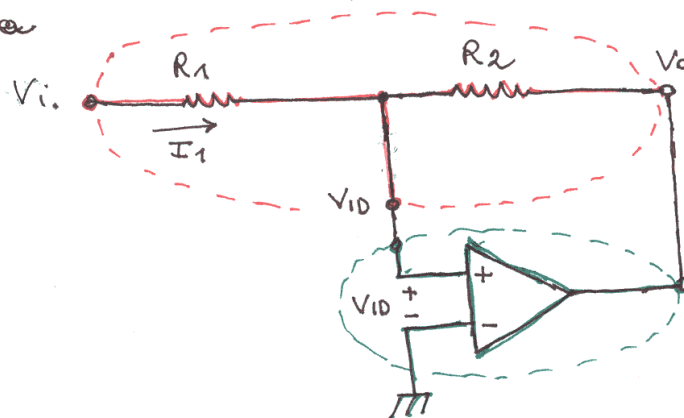
Dato il seguente circuito



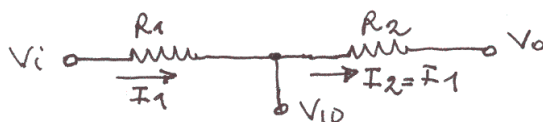
dimostrare che è impossibile il funzionamento in zona lineare.

SOLUZIONE

Il circuito dato si può pensare come il collegamento di un operazionale con una rete resistiva



Per la rete resistiva si può scrivere



$$\frac{V_i - V_{ID}}{R_1} = \frac{V_{ID} - V_o}{R_2}$$

$$(V_i - V_{ID})K = V_{ID} - V_o$$

con $K = \frac{90}{10} = 9$ e $V_i = 1.5 \text{ V}$

$$V_o = (K+1)V_{ID} - K V_i$$

$$V_o = 10 V_{ID} - 13.5$$

con $K = \frac{R_2}{R_1}$

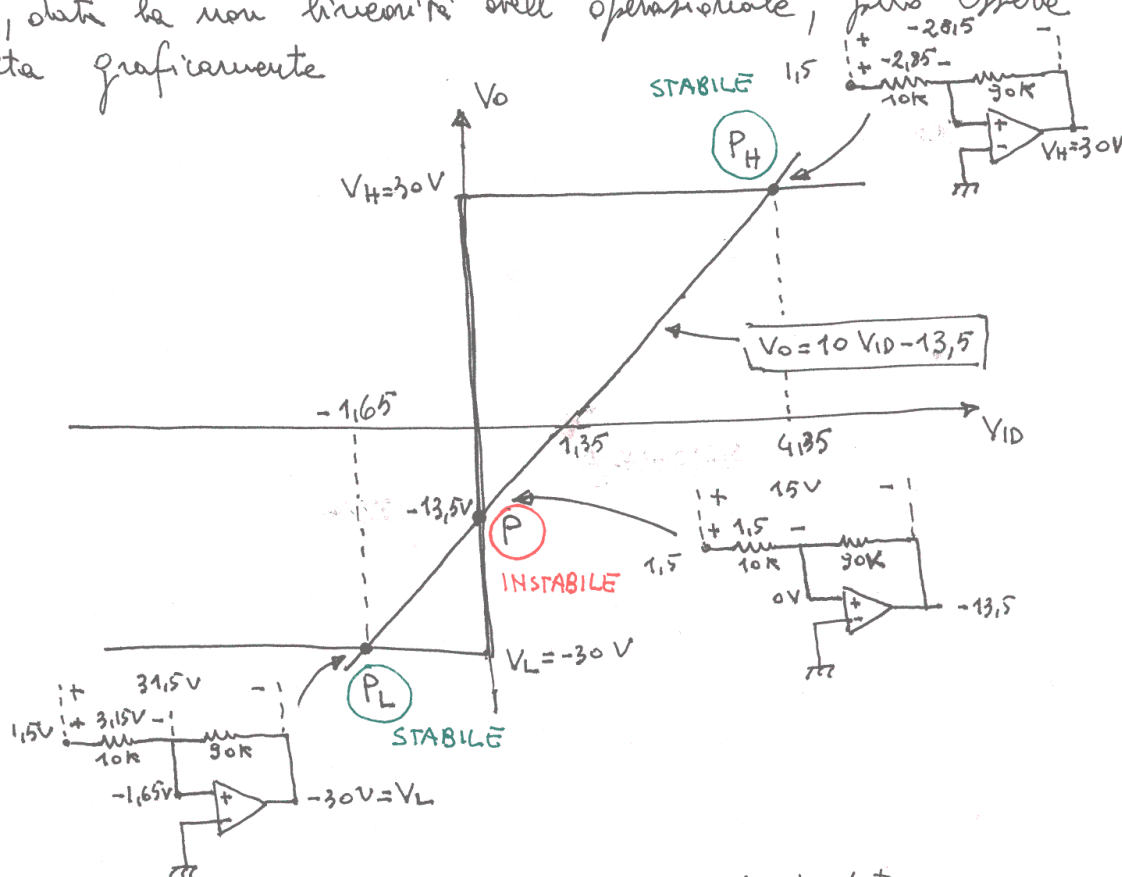
(2/4)

La relazione trovata mostra il legame lineare imposto dalla rete resistiva tra V_{ID} e V_O , per un prefissato V_i (espressione di una retta del tipo $y = mx + q$).
Peraltro V_{ID} e V_O debbano rispettare il legame imposto dall'OP.

La soluzione del circuito si ottiene risolvendo il sistema di due equazioni in due incognite (V_O e V_{ID})

$$\begin{cases} V_O = (K+1)V_{ID} - KV_i & (\text{retta nel piano } V_O, V_{ID} \text{ con } V_i = \text{cost.}) \\ V_O = f_{OP}(V_{ID}) & (\text{funzione non lineare}) \end{cases}$$

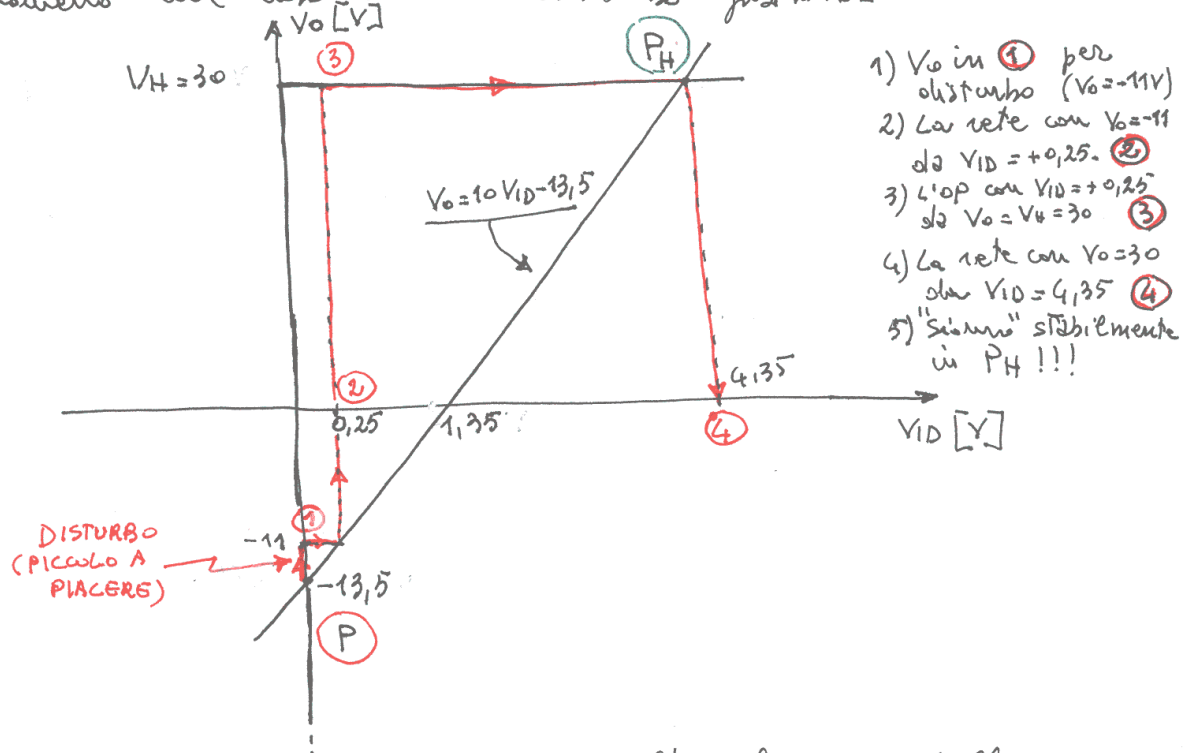
che, data la non linearità dell'operazionale, può essere risolta graficamente



La soluzione grafica mostra un caso di indeterminazione in quanto si hanno (apparentemente) tre possibili punti di funzionamento: P_L $(-1.65, -30)$ in saturazione negativa, P_H $(+4.35, +30)$ in saturazione positiva e P $(0, 13.5)$ in zona lineare.

In P_L e P_H il funzionamento è stabile, quindi il circuito può funzionare in ognuno dei due punti. P è un punto "instabile", nel senso che un disturbo comunque piccolo in uscita fa precipitare il circuito nel punto P_H (disturbo positivo) o nel punto P_L (disturbo negativo).

La seguente figura illustra qualitativamente il fenomeno nel caso di un disturbo positivo.

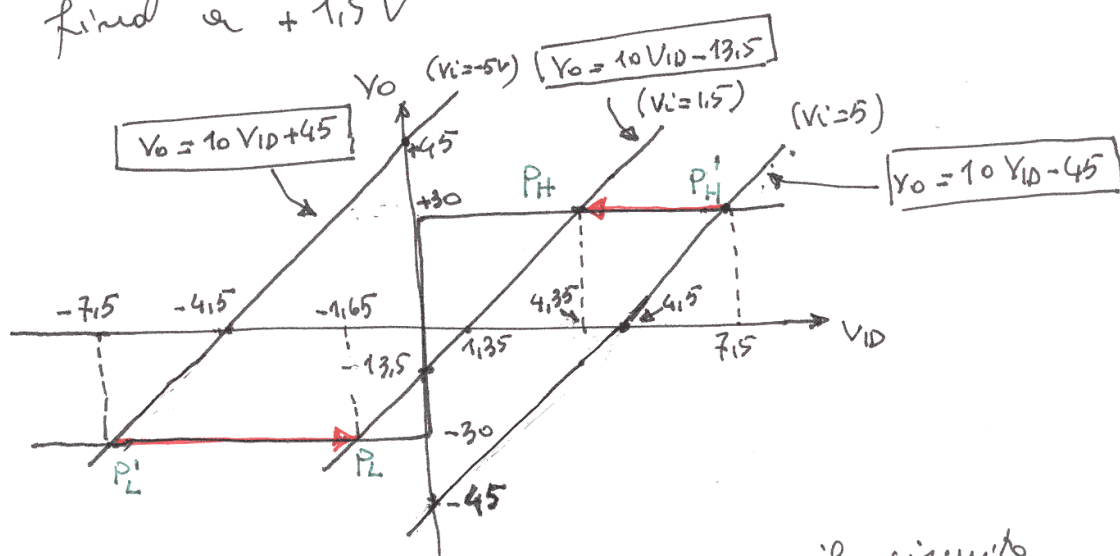


NB. La traiettoria che mostra l'evoluzione dello stato, definito dalle due variabili V_{ID} e V_O , non è, in realtà, quella rappresentata, in quanto non sono stati considerati gli effetti che, in questo fenomeno transitorio, sono possibili degli inevitabili elementi reattivi (es. capacità parassite). Comunque la figura mostra come un piccolo spostamento dal punto P trascini violentemente il circuito a funzionare in P_H .

Rimane ancora una indeterminazione. In quale 4/4 dei due punti stabili si porta a funzionamento il circuito? -

Per comprenderlo ipotizziamo due casi

- 1) il segnale V_i dal valore $+5V$ diminuisce fino a $+1,5V$
- 2) il segnale V_i dal valore $-5V$ aumenta fino a $+1,5V$

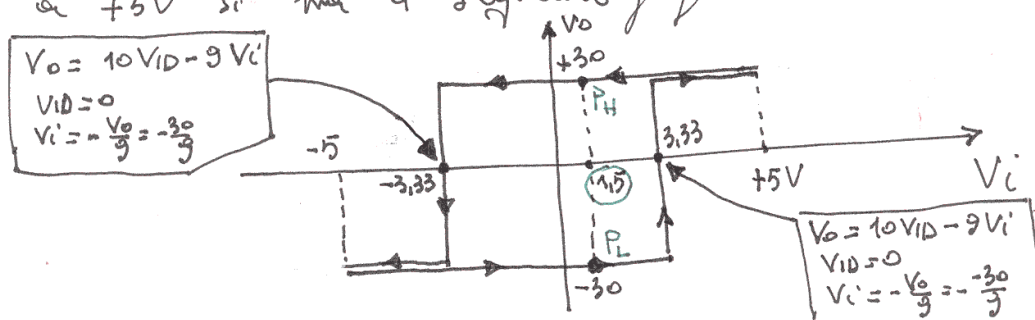


Il grafico mostra che per $V_i = \pm 5V$ il circuito ammette una sola soluzione: in P_H per $V_i = 5V$, in P_L per $V_i = -5V$

Ne segue che per cambiamenti di V_i da $+5V$ a $+1,5V$ il circuito si porta nel punto P_H ($V_{ID} = 0$, $V_O = +30V$). Per cambiamenti di V_i da $-5V$ a $+1,5V$ il circuito si porta in P_L ($V_{ID} = -1,65V$, $V_O = -30V$)

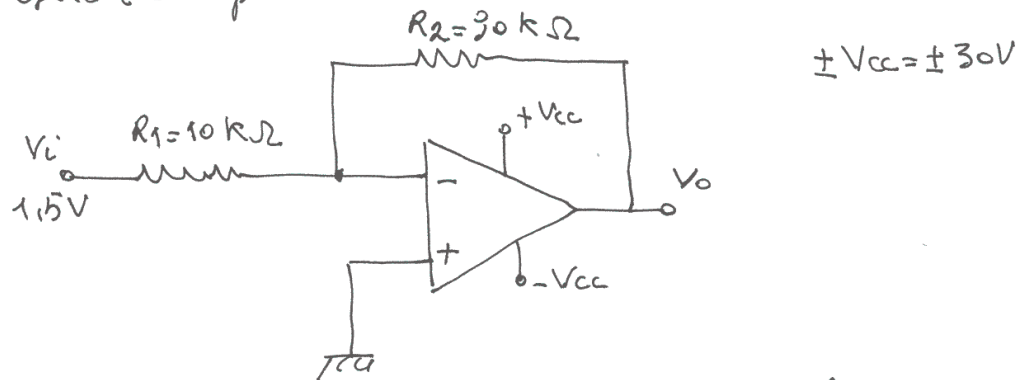
La risposta alla domanda precedente è

- il circuito funziona in P_H per V_i decrescenti (da $+5V$ a $+1,5V$)
 - il circuito funziona in P_L per V_i crescenti (da $+5V$ a $-1,5V$)
- Per una oscillazione di V_i da $+5V$ a $-5V$ e ritorno a $+5V$ si ha il seguente grafico V_O funzione di V_i

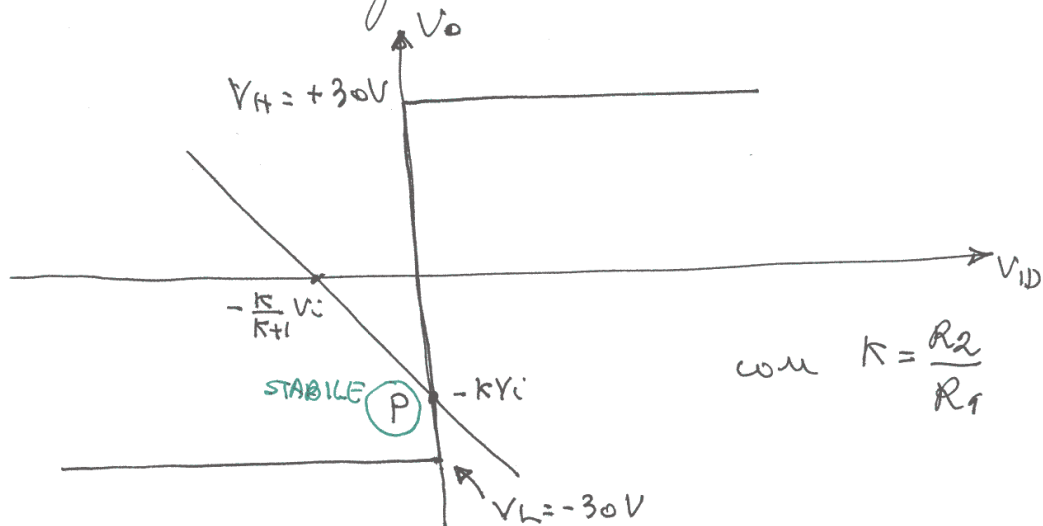


Esercizio proposto

Dimostrare che invertendo le connessioni tra ingresso invertente e non invertente nell'OP dell'esercizio precedente



Si ottiene la seguente soluzione grafica



e che il punto P è un punto di funzionamento stabile.

Determinare i valori estremi di V_i ($+V_{imax}$ e $-V_{imax}$) oltre i quali non si ha più il funzionamento in zona lineare.