CIRCUITI ELETTRICI NON LINEARI

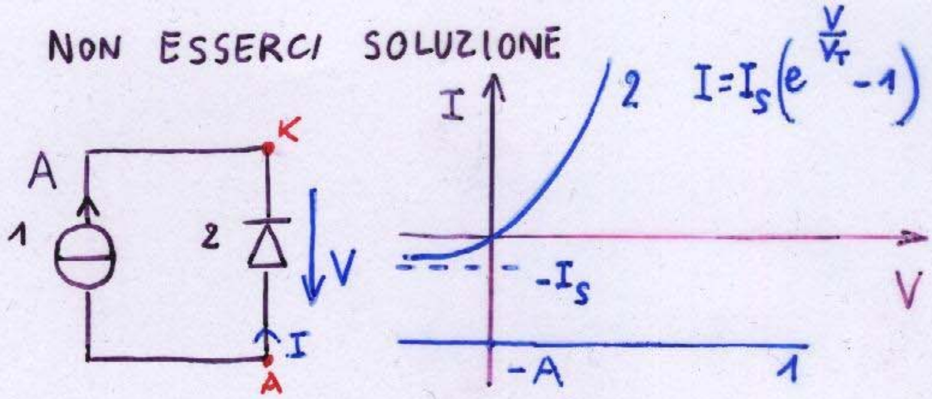
KCL, KVL : LINEARI

OL : ALMENO UNA NON LINEARE

SOLUZIONE :

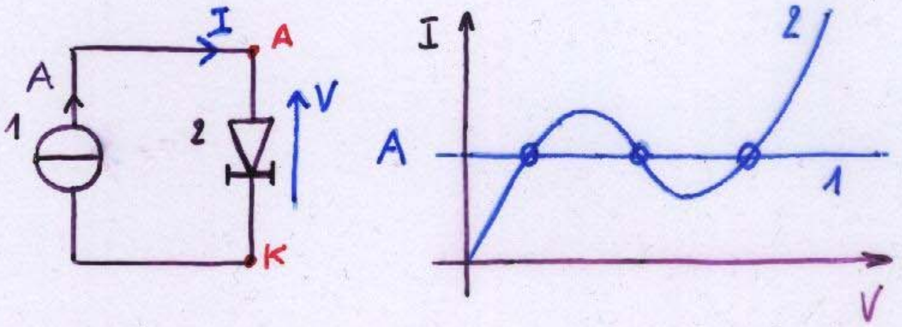
TEORICAMENTE PUÒ

- NON ESSERCI SOLUZIONE



2 : DIODO A GIUNZIONE p-n REALE

- ESSERCI PIÙ DI UNA SOLUZIONE



2 : DIODO TUNNEL

METODI DI ANALISI DEI CIRCUITI NON LINEARI

DAL PUNTO DI VISTA ANALITICO : RISOLVERE UN SISTEMA ALGEBRICO NON LINEARE

NON ESISTE UN METODO GENERALE SISTEMATICO, MA CI SONO METODI PARTICOLARI

SE LE CONNESSIONI SONO SOLO SERIE-PARALLELO

METODO GRAFICO DELLE CARATTERISTICHE

FISSATA UNA CONVENZIONE DI SEGNO (ES. UTILIZZATORI), SI SOMMANO LE CARATTERISTICHE DI DUE BIPOLI

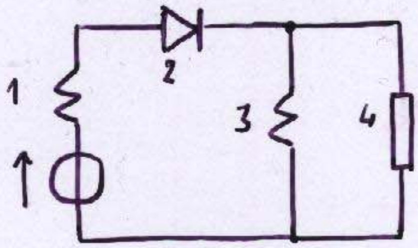
SE IN SERIE ⟶ A PARI I

SE IN PARALLELO ⟶ A PARI V

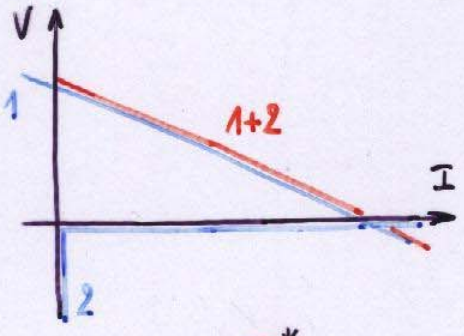
FINO AD AVERE DUE BIPOLI ACCOPPIATI (UNO CON CONV. DI UTIL., L'ALTRO CON CONV. DI GEN.)

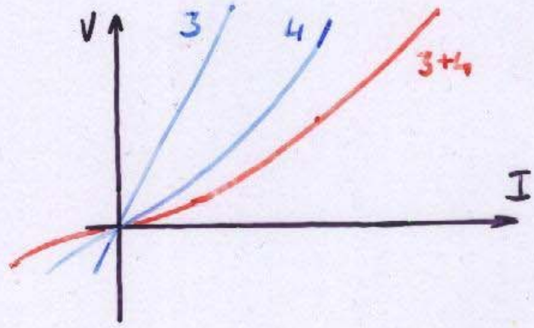
IL PUNTO DI FUNZIONAMENTO E' IL PUNTO DI INTERSEZIONE DELLE DUE CARATTERISTICHE

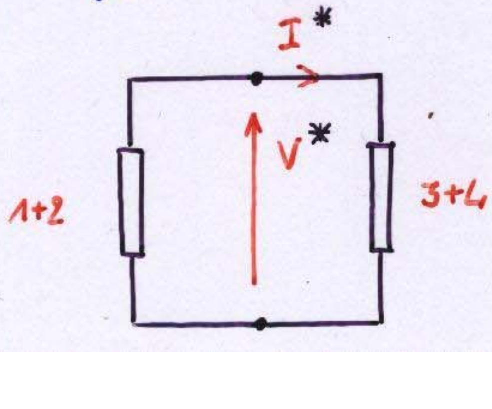
ESEMPIO

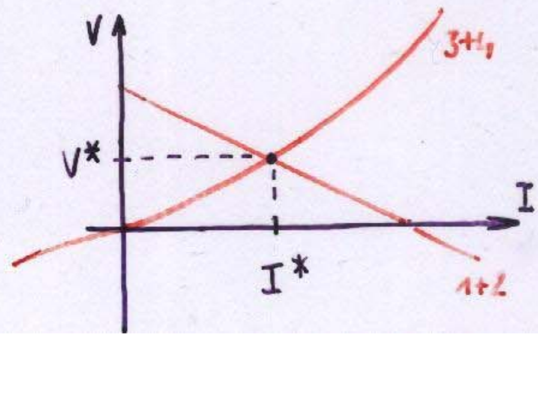


SI HA









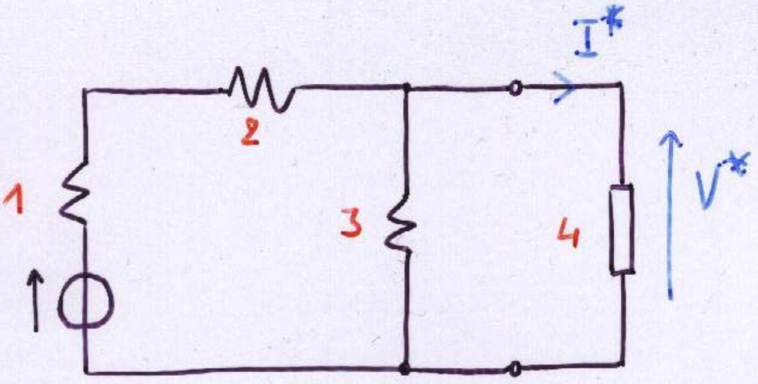
SE UN SOLO BIPOLO È NON LINEARE

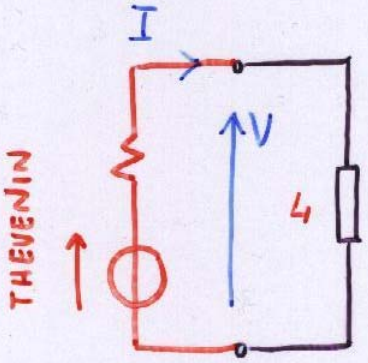
METODO DELL'APPLICAZIONE DEL TEOREMA DI THEVENIN O DI NORTON

TUTTO IL CIRCUITO AI MORSETTI DEL BIPOLO NON LINEARE È SOSTITUITO DAL BIPOLO EQUIVALENTE DI THEVENIN (NORTON)

→ SI HANNO DUE BIPOLI ACCOPPIATI (UNO LINEARE E UNO NON LINEARE)

ESEMPIO



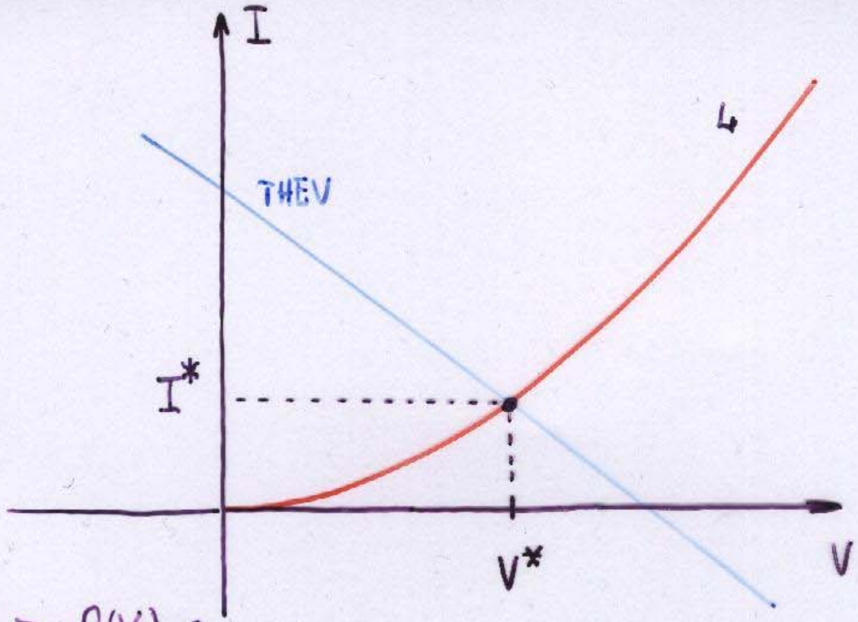


$$E_{TH} = E \frac{R_3}{R_1+R_2+R_3}$$

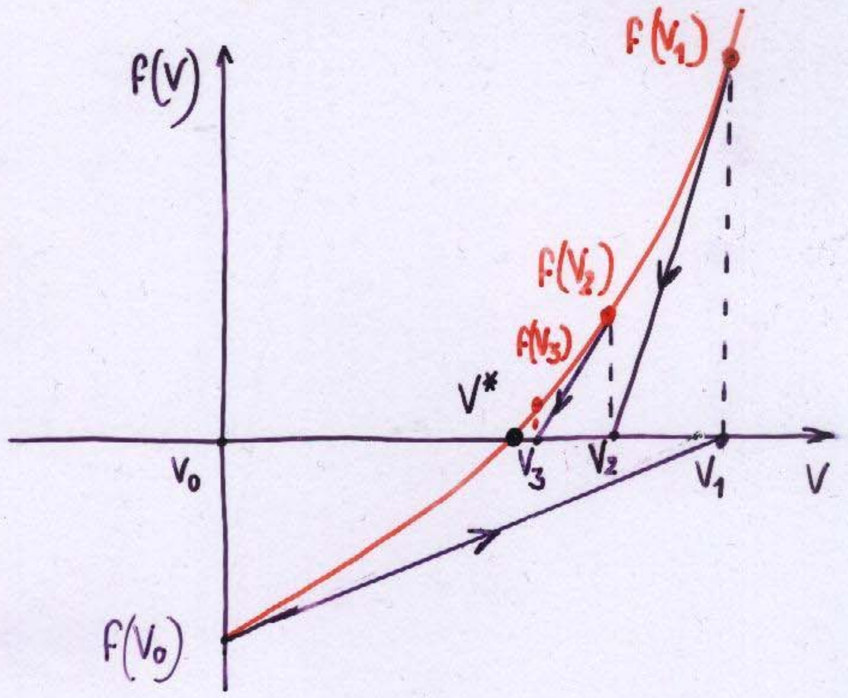
$$R_{TH} = \frac{(R_1+R_2)R_3}{R_1+R_2+R_3}$$

$$\begin{cases} E_{TH} = R_{TH} I + V & OL_{THEV} \\ I = G(V)\, V & OL_4 \end{cases}$$

GRAFICAMENTE



$OL_{THEV} + OL_4 \rightarrow f(V) = 0$



PARTENZA $\quad V_0 \longrightarrow f(V_0) \quad f' \rightarrow$ TANGENTE $\rightarrow V_1$

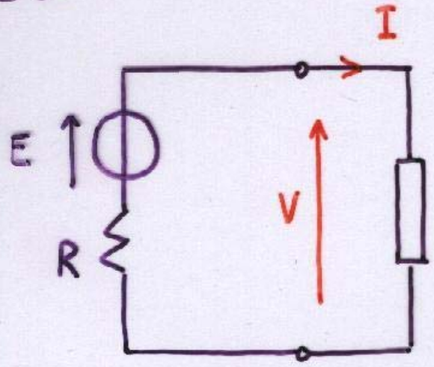
$V_1 \longrightarrow f(V_1) \quad f' \rightarrow$ TANGENTE $\rightarrow V_2$

\- - - - - $\quad \longrightarrow \bullet = V^*$

METODO NUMERICO

SOLUZIONE NUMERICA DI EQUAZIONE NON LINEARE

ESEMPIO



BIPOLO UTIL. $I = KV^2$

BIPOLO GEN. $V = E - RI$

SOSTITUENDO

$$V = E - RKV^2$$

$$RKV^2 + V - E = f(V) = 0$$

EQUAZIONE ALGEBRICA NON LINEARE

PROCEDURA ITERATIVA PER
TROVARE V^*: METODO DI NEWTON – RAPHSON

$f(V_i) = f(V_{i-1}) + f'(V_{i-1})\,(V_i - V_{i-1})$ + termini ~~di ordine superiore~~

$f(V_i) \cong 0$ SE $V_i \cong V^*$

$$V_i - V_{i-1} = -\frac{f(V_{i-1})}{f'(V_{i-1})}$$

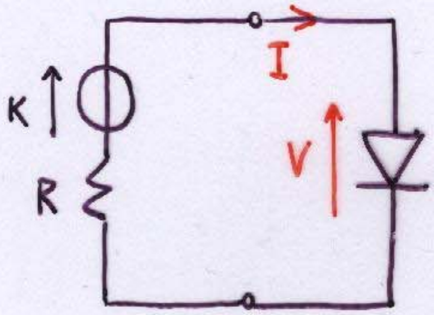
$$V_i = V_{i-1} - \frac{f(V_{i-1})}{f'(V_{i-1})}$$ FORMULA ITERATIVA

LA PROCEDURA SI ARRESTA QUANDO $|V_i - V_{i-1}| \leq$ TOLLERANZA

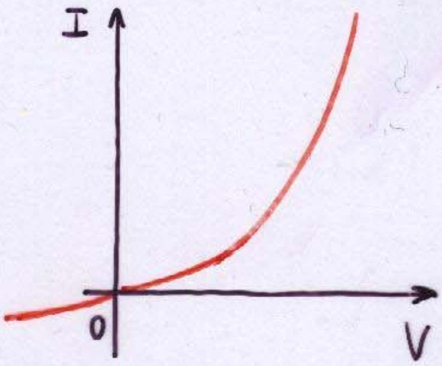
METODO DELLA LINEARIZZAZIONE A TRATTI

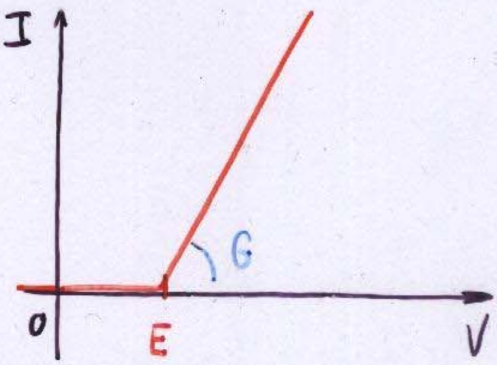
LA CARATTERISTICA NON LINEARE È APPROSSIMATA DA UNA CARATTERISTICA LINEARE A TRATTI

ESEMPIO



DIODO p-n REALE





E tensione di soglia

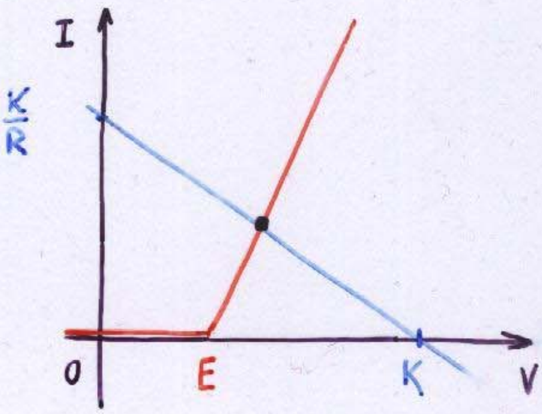
K tensione di Thevenin

$$I = \frac{1}{2} G \left[|V-E| + (V-E) \right]$$

PER $V-E \geq 0 \quad I = G(V-E)$

$V-E \leq 0 \quad I = 0$

SOLUZIONE GRAFICA



SE, IN UN CIRCUITO CON UN BIPOLO NON LINEARE, INTORNO AL PUNTO DI FUNZIONAMENTO IN REGIME STAZIONARIO (V_0, I_0) SI HANNO PICCOLE VARIAZIONI $(\Delta V, \Delta I)$ CAUSATE DA PICCOLE $(\Delta E, \Delta A)$ IMPRESSE, SI PUÒ APPLICARE IL

METODO DELLA LINEARIZZAZIONE PER PICCOLE VARIAZIONI

- SI DETERMINA IL PUNTO DI FUNZIONAMENTO A RIPOSO

$$(\Delta E = 0, \Delta A = 0) \longrightarrow (V_0, I_0)$$

AD ESEMPIO MEDIANTE IL METODO GRAFICO

- SI INTRODUCONO $(\Delta V, \Delta I)$ CON ORIGINE IN (V_0, I_0)

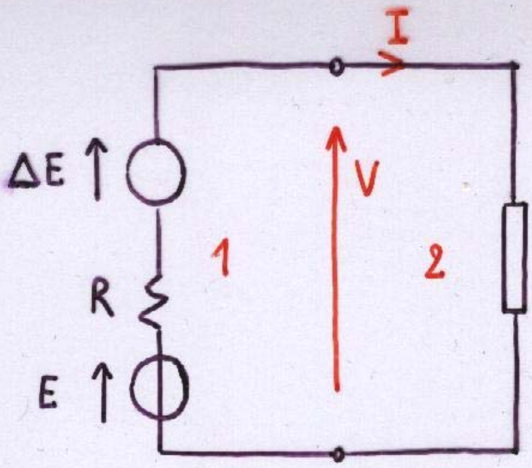
- SI SOSTITUISCE ALLA CARATTERISTICA NON LINEARE $I = I(V)$ NELL'INTORNO DI (V_0, I_0) LA CARATTERISTICA LINEARIZZATA DI EQUAZIONE

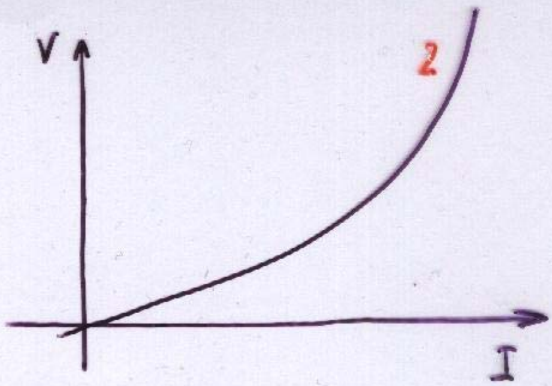
$$\Delta I = \boxed{\left(\frac{\partial I}{\partial V}\right)_{V=V_0}} \Delta V$$

$$\Delta I = G \Delta V \qquad G = G(V_0)$$

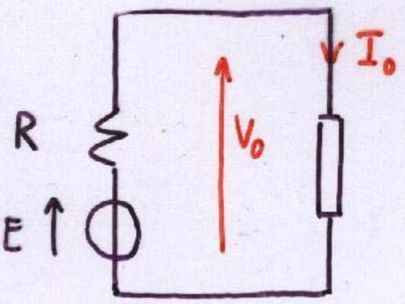
- SI PROCEDE POI, GRAFICAMENTE O ANALITICAMENTE, CON IL CIRCUITO LINEARIZZATO

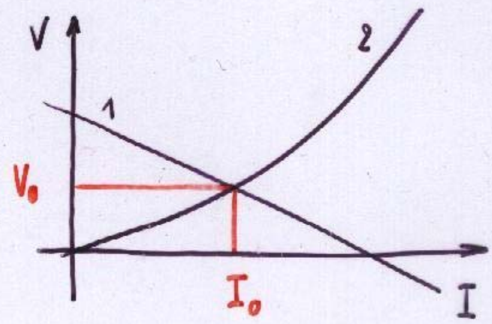
ESEMPIO



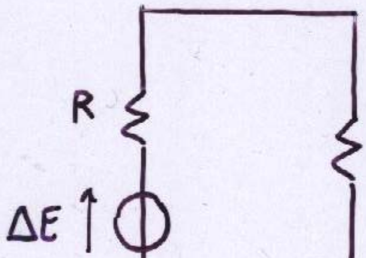


FUNZIONAMENTO A RIPOSO $(\Delta E = 0) \longrightarrow V_0, I_0$





FUNZIONAMENTO PER PICCOLE VARIAZIONI $(\Delta E \neq 0) \longrightarrow \Delta V, \Delta I$



$$G = \left(\frac{\partial I}{\partial V}\right)_{V=V_0}$$