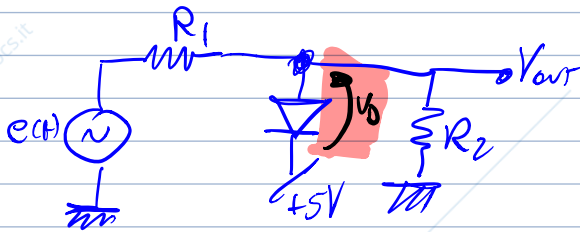


Eq. 1



$R_1 = R_2 = 5k\Omega$

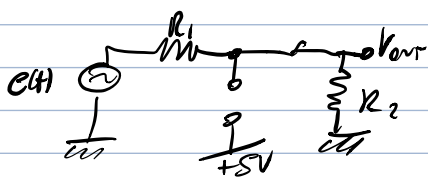
$e(t) = 20V \sin(\omega t)$

MAX della sinusoidale è 20V, ficcane l'uno di 9 vale 1. $\Rightarrow 20 \cdot 1 = 20V$

- a) V_{out} ? b) V_{out} nel caso in cui ho R_2 in serie a diodo?
 "500Ω"

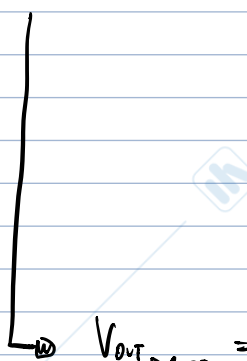
a) \Rightarrow Determino CONDIZIONI ACCENSIONE DIODO D1:

\hookrightarrow ipotizzo D1 OFF?



LA CONDIZIONE DI IPERAVVOLTO DEL DIODO è che DEVO AVERE AI CAPI $V_D < 0,7V$

\Rightarrow Diodo rimane spento fino a $V_{out} < 0,7V + 5V = 5,7V$

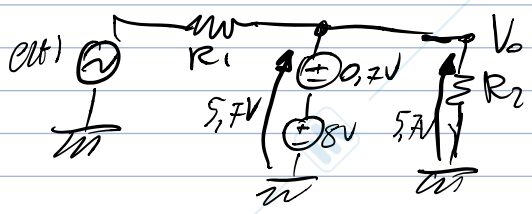


come funziona? (diodo IDEALE).
 \hookrightarrow se $V_D < 0,7$ è OFF \rightarrow CIRC. APERTO.
 \hookrightarrow se $V_D > 0,7$ è ON \rightarrow \oplus 0,7V come gar. di tensione

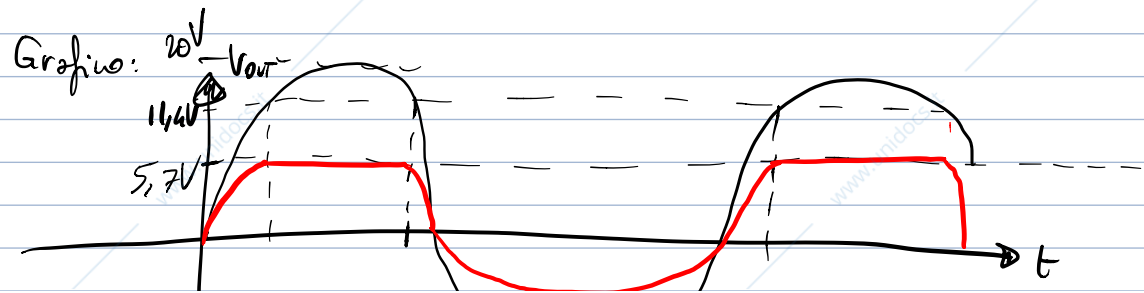
$V_{out, D1 OFF} = e(t) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{e(t)}{2}$

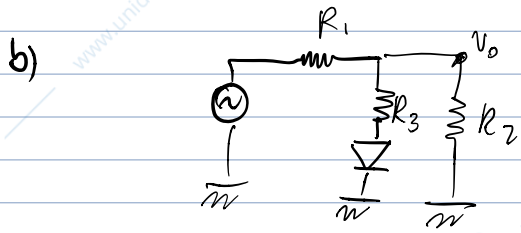
\Rightarrow Diodo spento fino a: $\frac{e(t)}{2} < 5,7V \rightarrow e(t) < 11,4V$

\hookrightarrow D1 ON se $e(t) > 11,4V \Rightarrow$ gen. tensione è diodo



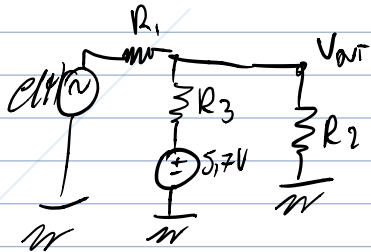
$\Rightarrow V_{out, D1 ON} = 5,7V$



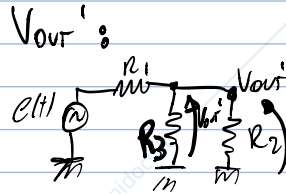


Se $D1$ OFF: $V_{out, D1, off} = \frac{e(t)}{2}$ uguale a punto a)
 $\Rightarrow V_{out} < 5,7V \Rightarrow e(t) < 11,4V$

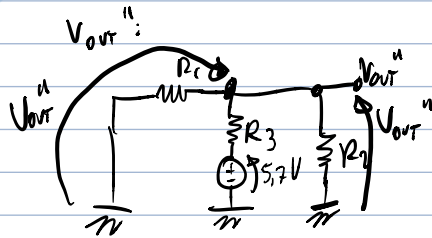
• $D1$ ON:



per V_{out} uso sovrapposizione:



$$V_{out}' = e(t) \cdot \frac{(R_3 // R_2)}{(R_3 // R_2) + R_1} = e(t) \cdot \frac{\frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2}}{\frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2} + R_1} = e(t) \cdot \frac{\frac{0,45k \cdot 5k}{0,45k + 5k}}{0,45k + 5k} = e(t) \cdot 0,082$$

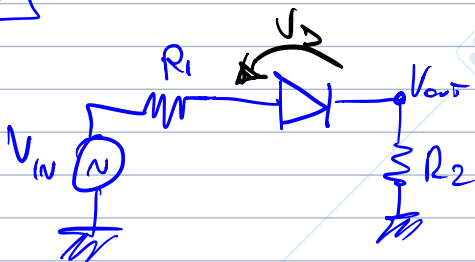


$$V_{out}'' = 5,7V \cdot \frac{R_1 // R_2}{(R_1 // R_2) + R_3} = 5,7 \cdot \frac{\frac{5}{2}k}{\frac{5}{2}k + 0,45k} = 4,75V$$

$$\Rightarrow V_{out, D1, on} = 4,75 + e(t) \cdot 0,082$$

Se $\text{MAX}[V_{out, D1, on}] = 4,75 + 20 \cdot 0,082 = 6,4V$

ED. 2



$V_{in}(t) = 5V_{RMS} (2\pi ft)$

$R_1 = 2k \quad R_2 = 3k$

a) V_{out} ? b) V_{out} se $D1$ è diodo Zener con $V_z = -1,5V$

a) Appoggio $D1$ OFF $\Rightarrow D1$ aperto:



$V_{OUT \text{ DI OFF}} = 0V$ (no corrente)

$V_D < 0,7V$

↳ $V_D = V_{IN}$ si vede da circuito. siccome non ho corrente che passa in R_1

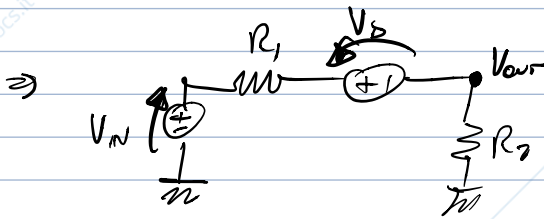
NB:



$V_D = V_{ANODO} - V_{CATODO} = V_{IN} - 0V = V_{IN}$

⇒ Diodo spento fino a $V_{IN} < 0,7V$

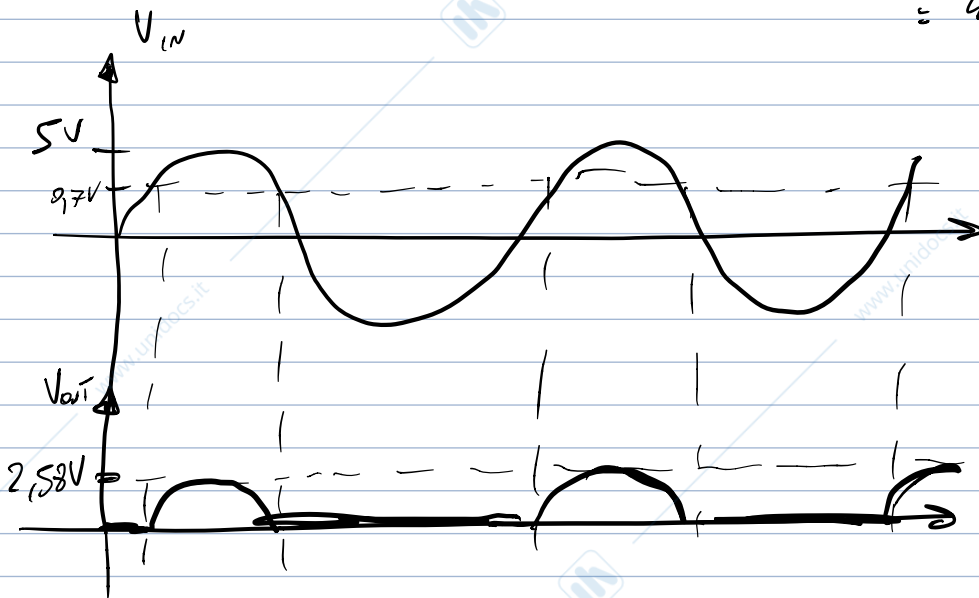
D_1 ON: D_1 gu tensione



$V = V_{IN} - V_D$

⇒ $V_{OUT} = [V_{IN} - V_D] \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

MAX $[V_{OUT \text{ DI ON}}] = [5V - 0,7] \cdot \frac{3K}{2K + 3K} = 4,3 \cdot \frac{3}{5} = 2,58V$



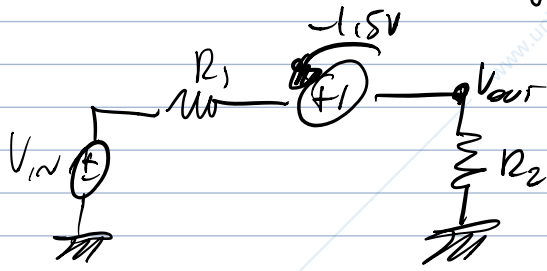
Ⓟ **Lever:** la ZENER ha una soglia di Breakdown (BD)

Nel problema ci viene detto che $V_Z = -1,5V$

⇒ vuol dire che per tensioni maggiori di $-1,5V$ non è in BD

→ se $V_{IN} > -1,5V$ si ha fatto come nel punto a)

→ se $V_{in} < -1,5V$ ho un generatore di tensione con $-1,5V$



$$V_{out\ ZENER} = [V_{in} - (-1,5V)] \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\min[V_{out\ ZENER}] = [V_{in} - (-1,5V)] \frac{R_2}{R_1 + R_2} = [-5 + 1,5] \cdot \frac{3}{5} =$$

$$\text{NB: con } L_0 = (-3,5) \cdot \frac{3}{5} = -2,1V$$

ZENER si trova il minimo!

→ il max è $5V_{in} V_{in}$, con il minimo sarà $-5V$.

BD verificato!

Calcolo correnti nelle varie fasi:

$$\hookrightarrow -1,5V < V_{in} < 0,7V \Rightarrow I_d = 0A \text{ diodo circ. aperto}$$

$$\hookrightarrow V_{in} > 0,7V \rightarrow I_d = \frac{V_{out\ MAX}}{R_2} = \frac{2,59}{3k} = 860\mu A$$

$$\hookrightarrow V_{in} < -1,5V \rightarrow I_{diOD} = \frac{V_{out\ MIN}}{R_2} = \frac{-2,1V}{3k} = -700\mu A$$

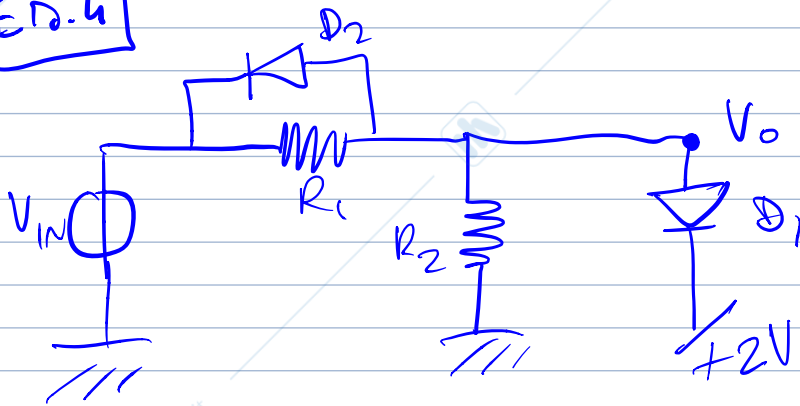
NB se ci sono + diodi in un circuito, verifico tramite tabella tutte le possibili combinazioni e vedo quali sono effettivamente realizzabili!

NB: se ho 2 diodi in serie devono essere perfino entrambi ON o OFF.

+ verificare se ci sono incongruenze con le V_{out}

è una supponibile o se esce una volt che è diversa se la si calcola in 2 punti diversi del circuito!

ED. 4

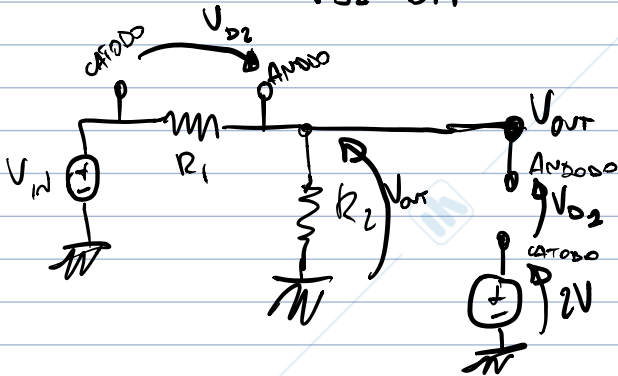


$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{V_O}{V_{IN}} = ?$$

1° CASO: $H_D: \begin{cases} D_1 \text{ OFF} \\ D_2 \text{ OFF} \end{cases}$



$$V_{OUT} = V_{IN} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{V_O}{V_{IN}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2}$$

$$\bullet V_{IN} = 2V_O \quad V_O = \frac{V_{IN}}{2}$$

$D_1 \text{ OFF} \Rightarrow V_{D1} < 0,7 \text{ V}$

$$V_{D1} = V_{ANODO_1} - V_{CATODO_1} =$$

$$\hookrightarrow V_O - 2 \text{ V} < 0,7 \text{ V} \Rightarrow V_O < 2,7 \text{ V}$$

$$\hookrightarrow \frac{V_{IN}}{2} < 2,7 \text{ V} \Rightarrow V_{IN} < 5,4 \text{ V}$$

$D_2 \text{ OFF} \Rightarrow V_{D2} < 0,7 \text{ V}$

$$V_{D2} = V_{ANODO_2} - V_{CATODO_2} =$$

$$= V_{OUT} - V_{IN} = \frac{V_{IN}}{2} - V_{IN} = -\frac{1}{2} V_{IN}$$

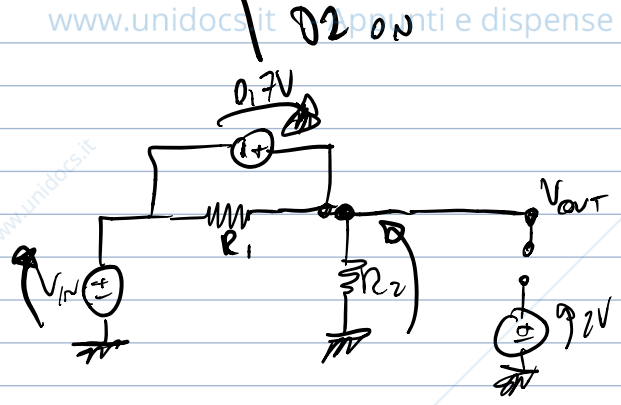
$$\hookrightarrow -\frac{1}{2} V_{IN} < 0,7 \text{ V} \Rightarrow V_{IN} > -1,4 \text{ V}$$

\Rightarrow UNICO CONDIZIONI:

$$-1,4 < V_{IN} < 5,4 \text{ V} \quad D_1 \text{ e } D_2 \text{ OFF.}$$

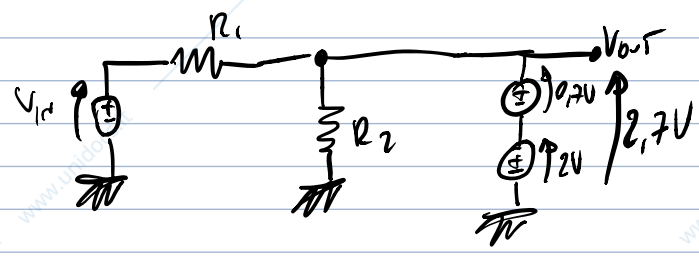
2° CASO: $\begin{cases} D_1 \text{ OFF} \\ D_2 \text{ OFF} \end{cases}$

$$V_{IN} < -1,4 \text{ V.}$$



$$V_{OUT} = 0,7V + V_{IN}$$

3° caso $\begin{cases} D1 \text{ ON} \\ D2 \text{ OFF} \end{cases} \quad V_{IN} > 5,4V$

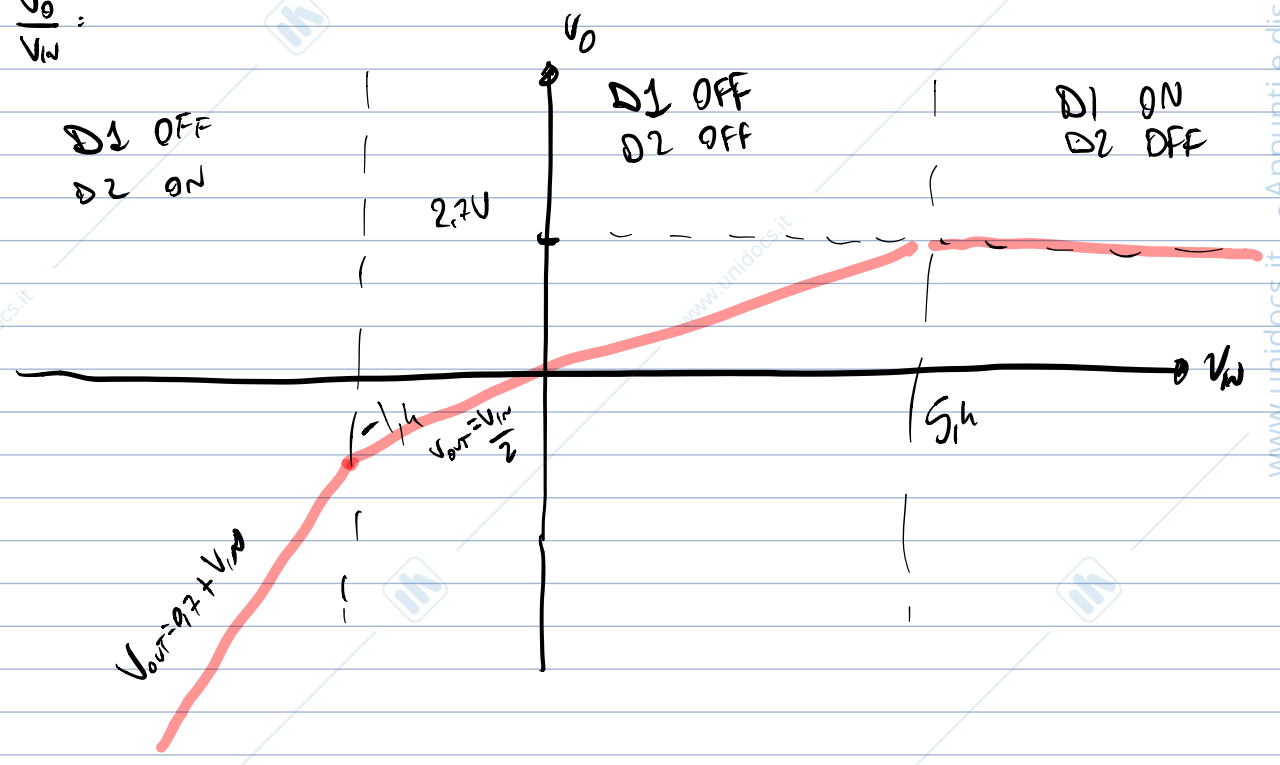


$$V_{OUT} = 2,7V$$

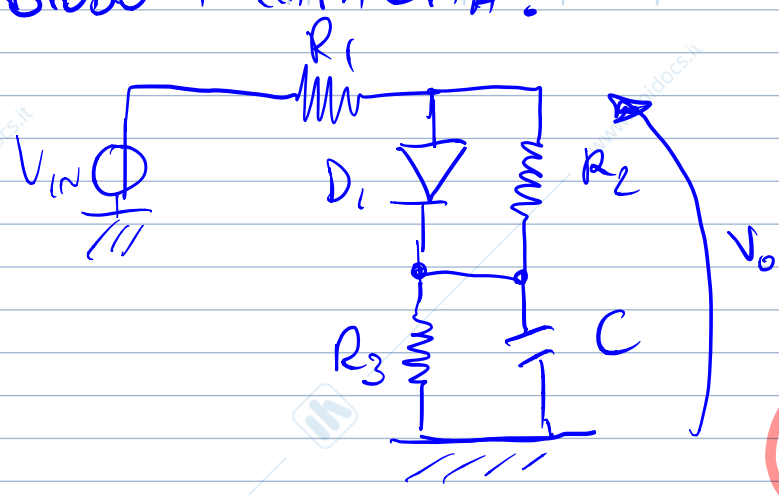
NB: NON POSSO AVERE entrambi i diodi ACCESI! $V_{IN} > 5,4V$ o $< -1,4V$.

Gráfico

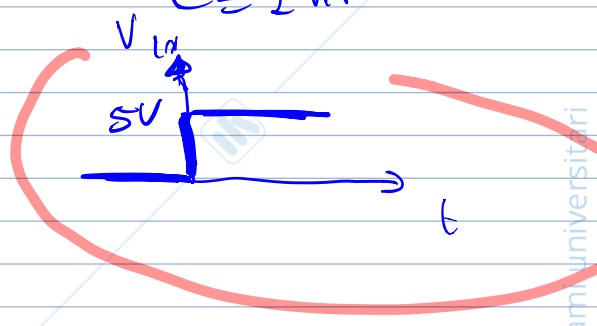
$\frac{V_o}{V_{in}}$



ED. 6 DIODO + CAPACITA'

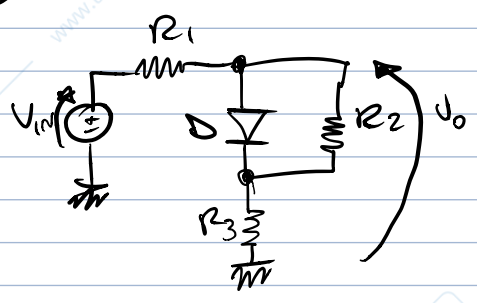


- $R_1 = 2k$
- $R_2 = 3k$
- $R_3 = 1k$
- $C = 1nF$

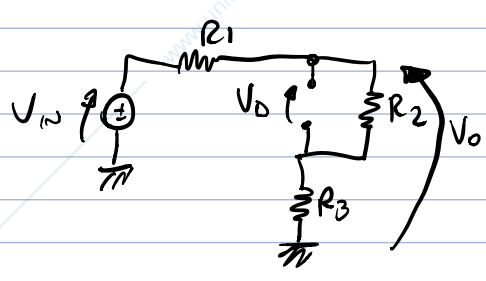


- a) V_{out} senza capacitor?
- b) V_{out} con capacitor?

Q SENZA C:



• CASO D OFF:

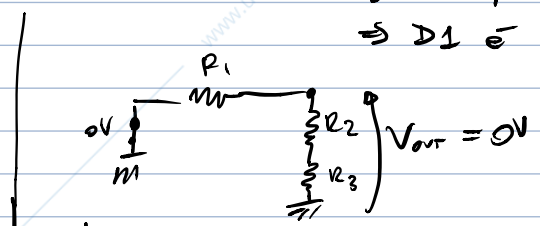


$V_D < 0,7V$

cerco V_D : $V_D = V_{R2} \rightarrow V_{R2} = V_D = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$
 $= V_{in} \cdot \frac{1}{2} = \frac{V_{in}}{2}$

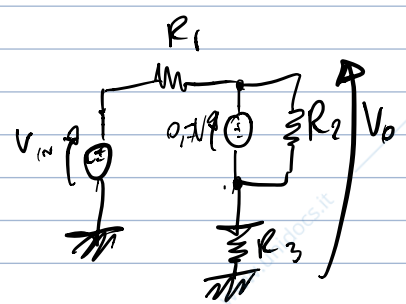
$\Rightarrow D_1 \text{ OFF se } \frac{V_{in}}{2} < 0,7 \Rightarrow V_{in} < 1,4V$

$t < 0$: $V_{in} = 0V \Rightarrow 0 < 1,4V \text{ OK}$
 $\Rightarrow D_1 \text{ e' OFF.}$

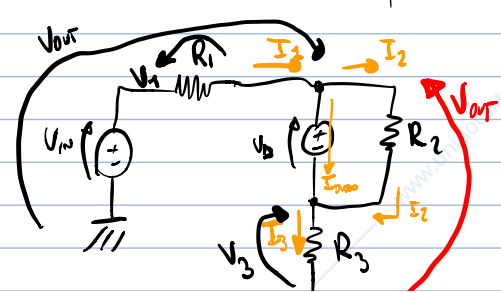


$t > 0$: $V_{in} = 5V \Rightarrow \text{IL DIODO e' ON!}$

\Rightarrow studio il caso D1 ON: $V_{in} > 1,4V$



Studio le correnti per trovare V_{out} :



$I_1 = I_2 + I_3$
 $\frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}$
 $V_1: \hookrightarrow V_o = V_{in} - V_1 \Rightarrow V_1 = V_{in} - V_o$

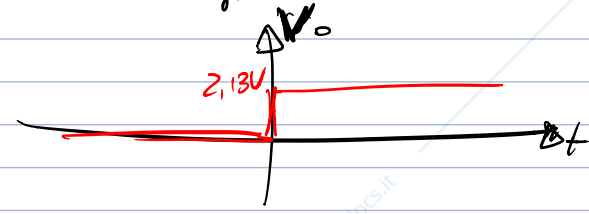
$V_3: V_0 = V_3 + V_0 \Rightarrow V_3 = V_0 - V_0$
 $\Rightarrow \frac{V_{in} - V_0}{R_1} = \frac{V_0 - V_0}{R_3}$

$\frac{5 - V_0}{2k} = \frac{V_0 - 0,7}{1k}$

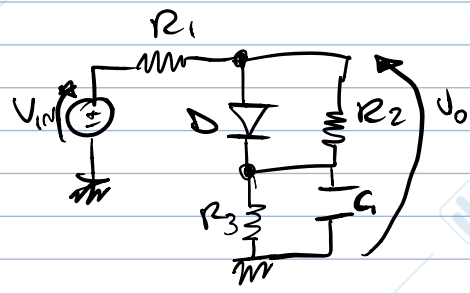
$5 - V_0 = 2V_0 - 2(0,7)$
 $5 + 1,4 = 2V_0 + V_0$
 $6,4 = 3V_0$

$\Rightarrow V_0 = \frac{6,4}{3} = 2,13V$

Grafico:



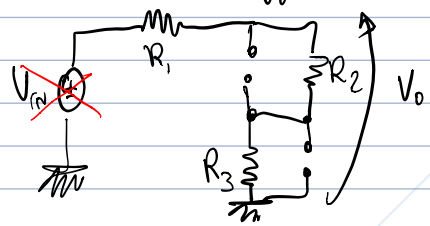
b) ora la capacità:



• studio a $t=0^-$:

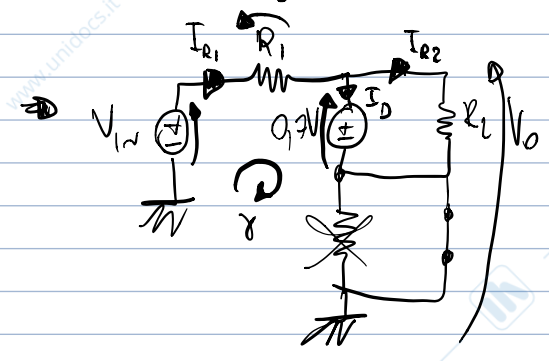
il diodo è off!

vale 0V a $t=0$



$\Rightarrow V_{C1}(0^-) = 0V$
 $V_{out}(0^-) = 0V$
 $I_{R1}(0^-) = 0A$
 $I_D(0^-) = 0A$

• studio a $t=0^+$ \Rightarrow per continuità $V_{C1}(0^-) = V_{C1}(0^+) = 0V$ e $D1$ ON



$\Rightarrow V_0(0^+) = 0,7V$

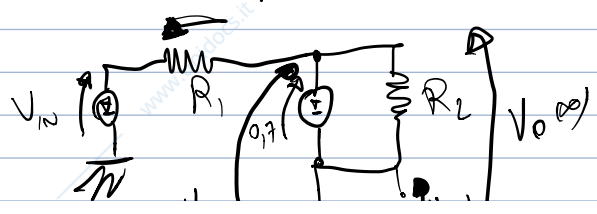
$V_{R1} \Rightarrow \gamma: V_{in} - V_{R1} - 0,7V = 0 \quad V_{R1} = (V_{in} - 0,7V) = 4,7V$

$I_{R1}(0^+) = \frac{V_{R1}}{R_1} = 2,35mA$

$I_D(0^+) = I_{R1} - I_{R2} = 1,92mA$

$\hookrightarrow I_{R2} = \frac{V_0}{R_2} = 0,23mA$

• $t \rightarrow \infty$: Capacità si è caricata \Rightarrow diventa aperta, $D1$ è ON;



$V_0(\infty) = 2,13V$ trovato nel punto a)

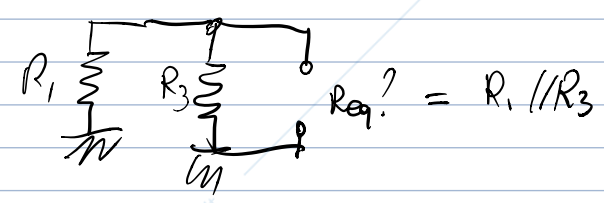
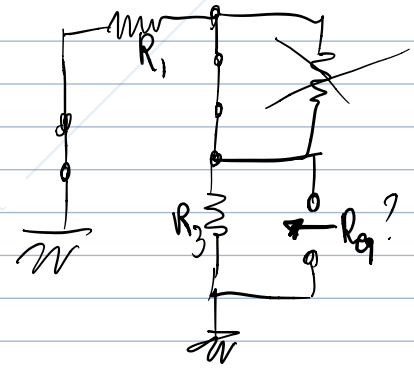


$$V_{C1}(\infty) = V_0 - 0,7V = 1,43V$$

$$I_{R1} = \frac{(U_{in} - V_0)}{R_1} = 1,43mA$$

$$I_b(\infty) = I_{R1} - I_{R2} = 2,15mA - \frac{0,7V}{R_2} = 1,2mA$$

• COSTANTE DI TEMPO:



$$\tau = C_1 \cdot R_{eq} = 667ns$$

→ Espressioni correnti e funzioni nel tempo:

$$V_C(t) = 1,43V (1 - e^{-t/\tau})$$

$$V_0(t) = 2,13V - 1,43V e^{-t/\tau}$$

$$I_b(t) = 1,2mA + 0,77mA e^{-t/\tau}$$

$$I_{R1}(t) = 1,43mA + 0,22mA e^{-t/\tau}$$