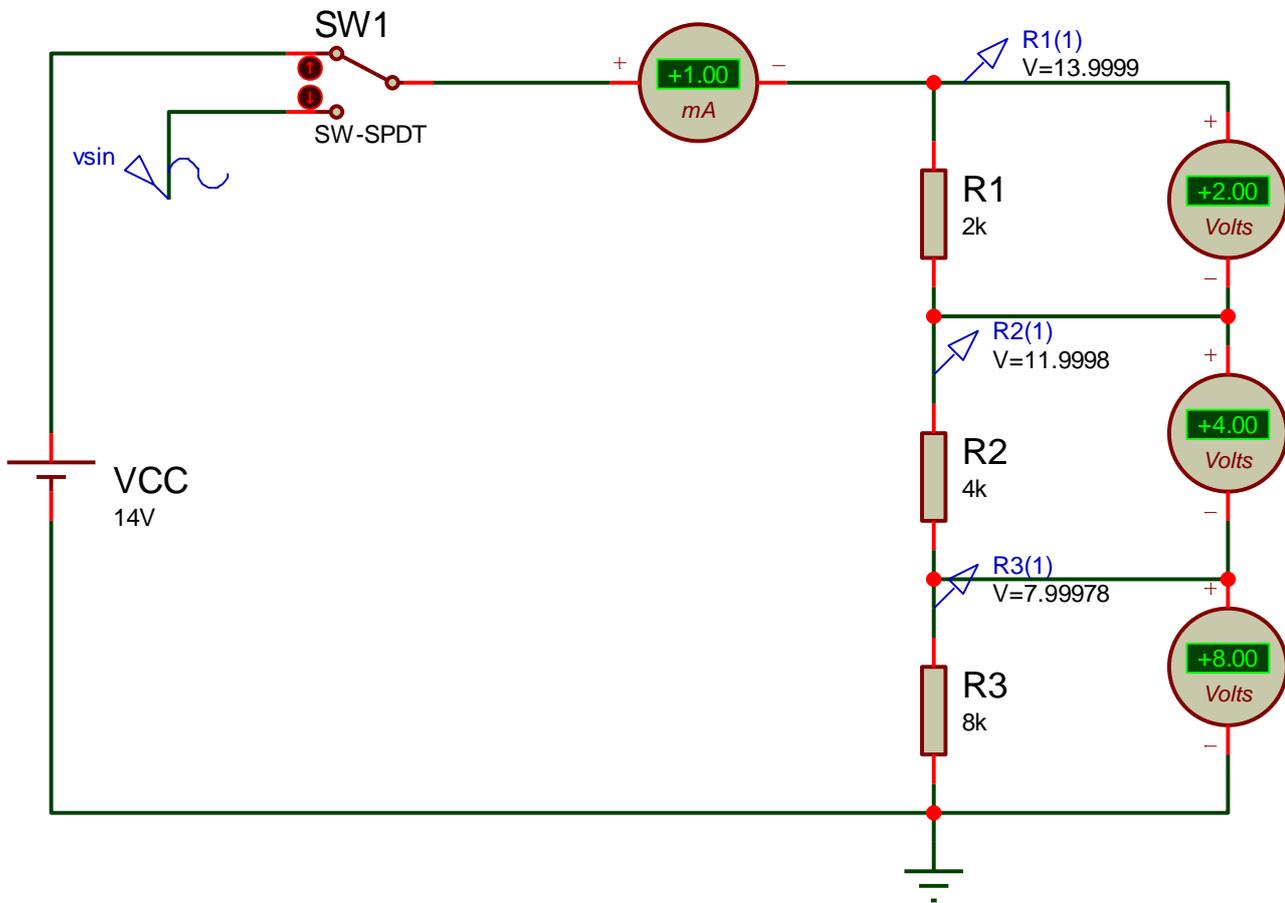


CIRCUITI ANALOGICI STUDIATI IN LAB

1. PARTITORE DI TENSIONE IN REGIME DI CORRENTE CONTINUA

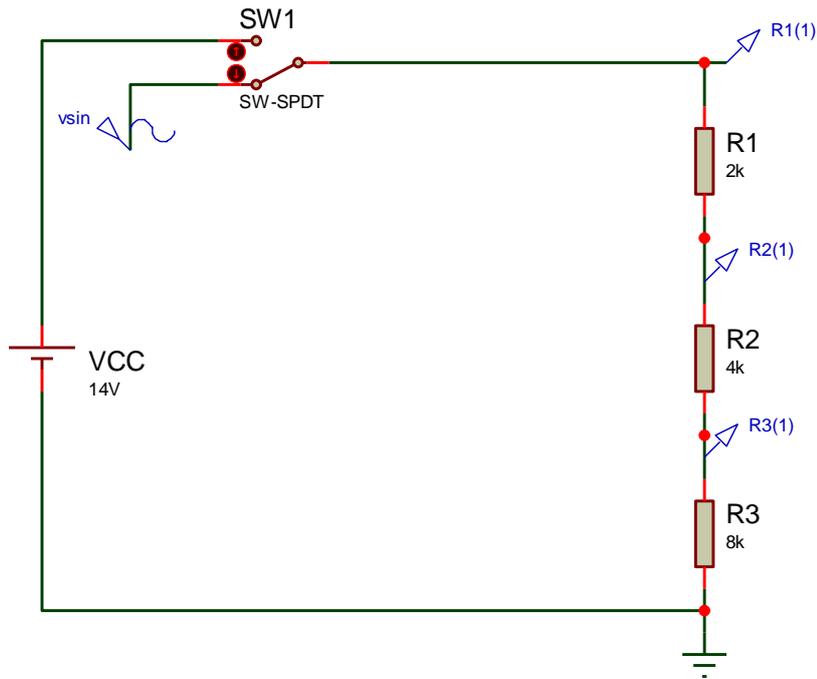
$$VR1 = V_{cc} * R1 / (R1+R2+R3) = 14 * 2 / 14 = 2 [V]$$



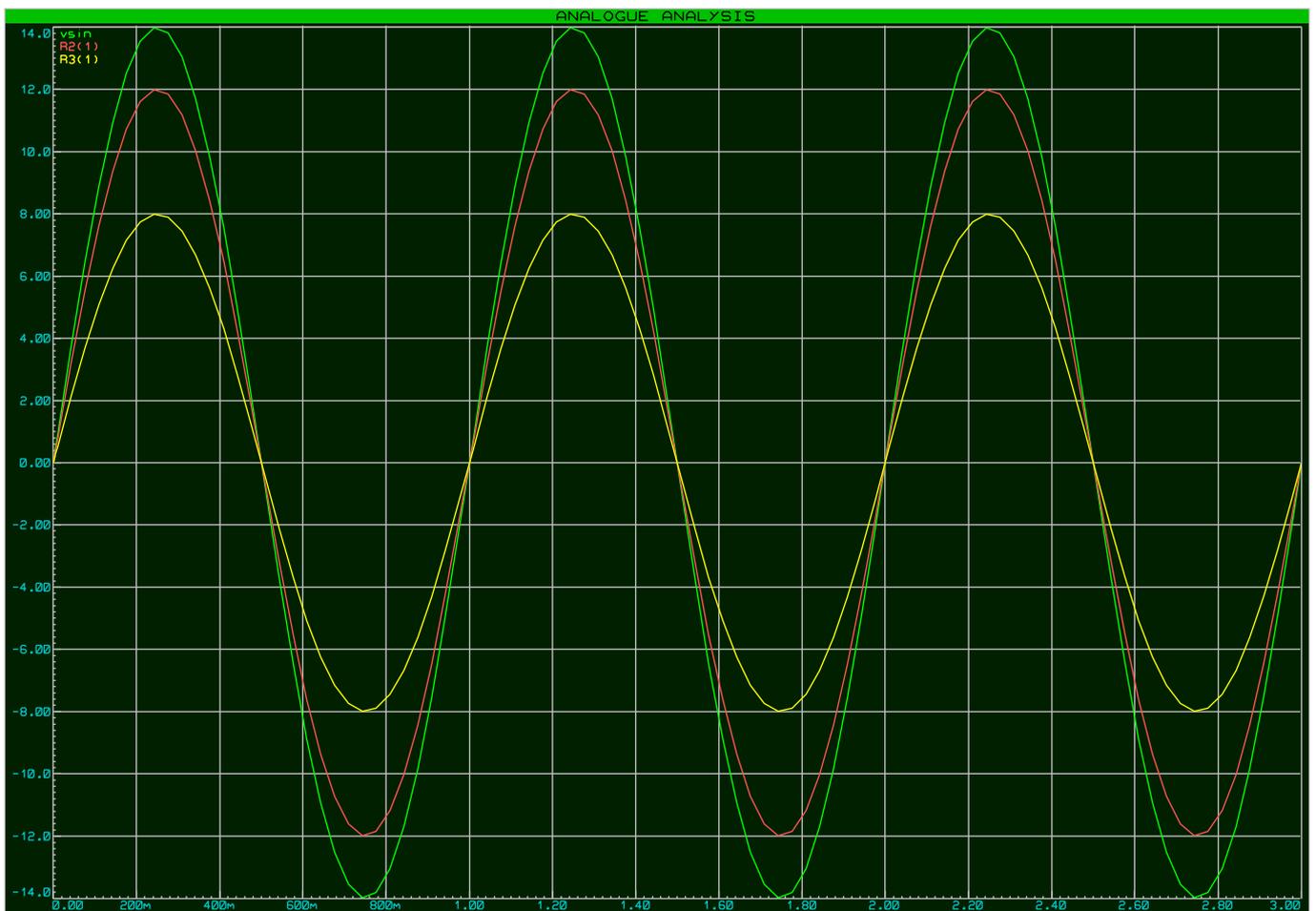
NOTA BENE :

- Con i **DC VOLTMETER** (presi dall' icona **VIRTUAL INSTRUMENTES MODE**), collegati **IN PARALLELO** a ciascun componente, si misura la **tensione** (d.d.p. , caduta di tensione) effettiva **ai capi del componente stesso**.
- Con i **VOLTAGE PROBE** (presi dall'icona **VOLTAGE PROBE MODE**), si misura la tensione **tra il punto in cui si posiziona il voltmetro e MASSA** .

2. PARTITORE DI TENSIONE IN REGIME DI CORRENTE SINUSOIDALE

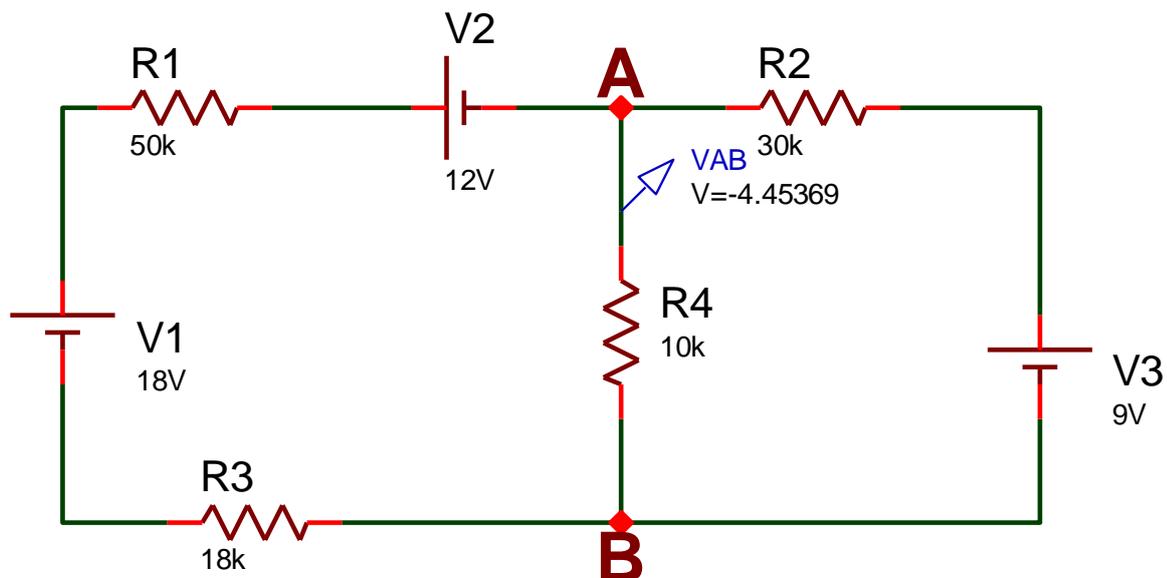


Simulazione analogica : cliccare su **EDIT GRAPH** e impostare come **START** il valore **zero** e come **STOP** un valore pari a **2-3 volte** il periodo della tensione del generatore



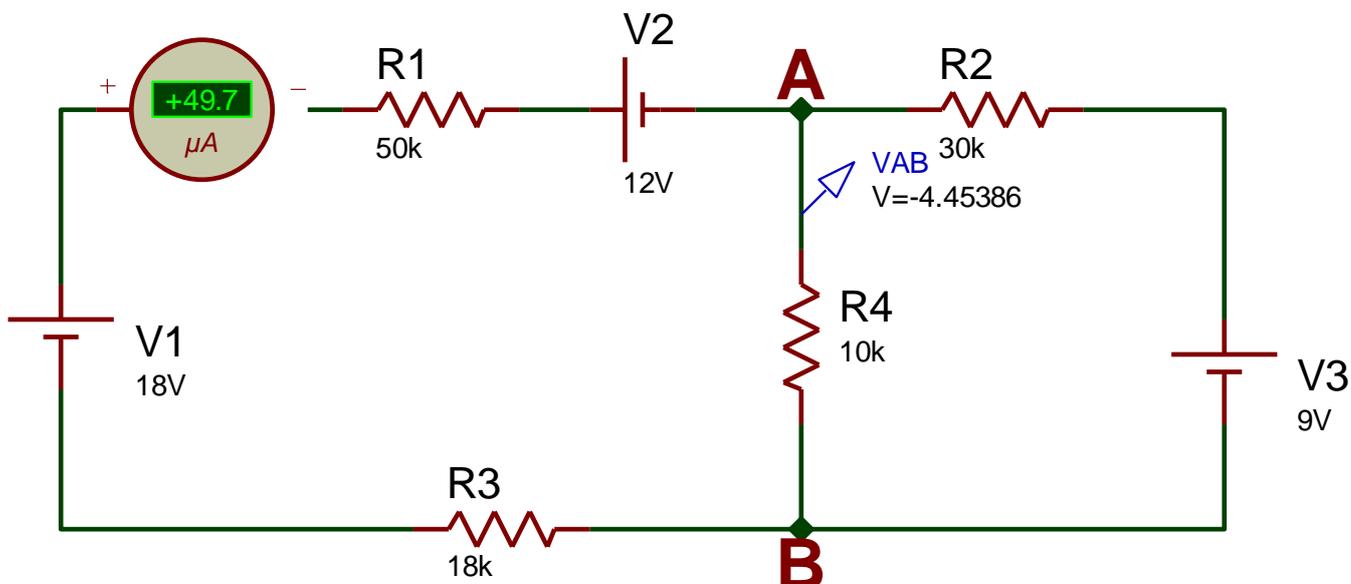
3. PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE EFFETTI

- Determinare la corrente I_{tot} (cioè effetto dei 3 generatori) nel ramo di sinistra, tra A e B
- “ la V_{AB} totale “



SOLUZIONE

Simulazione con tutti i generatori :



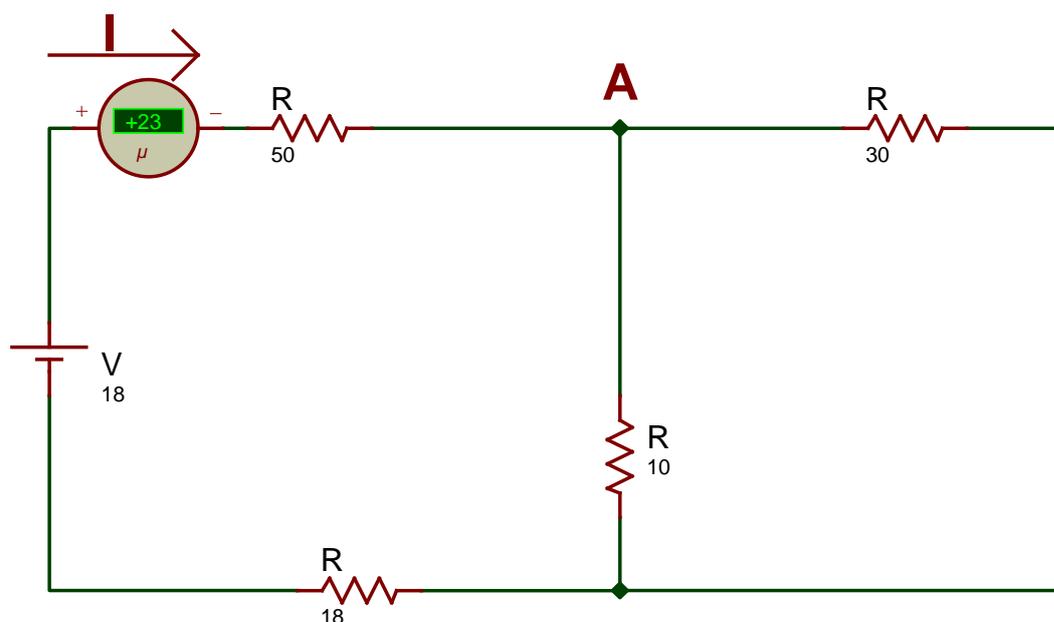
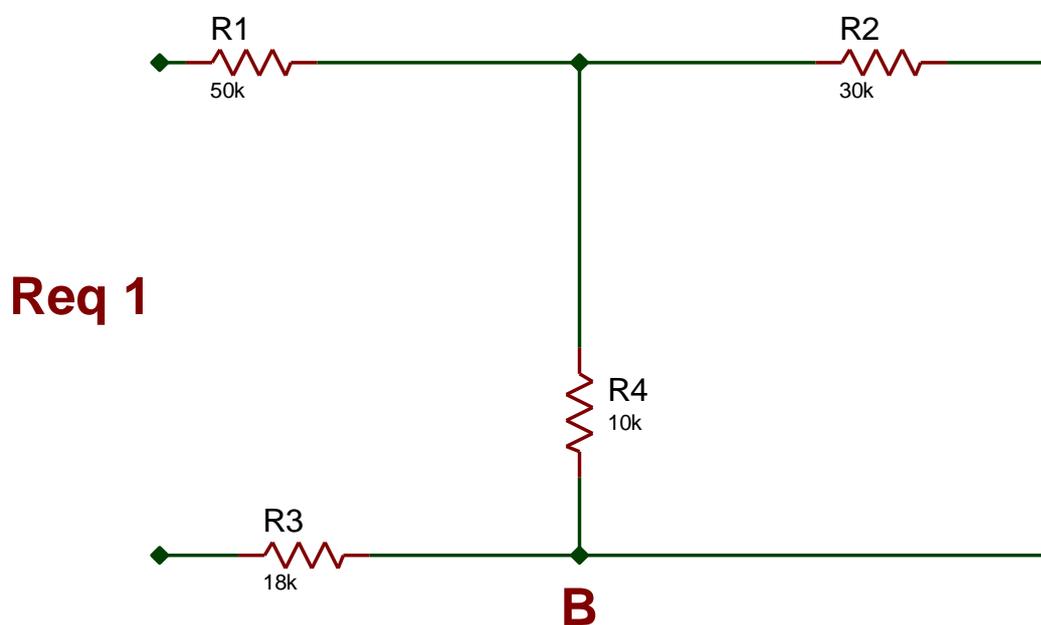
$$I_{tot} = 0,0497 \text{ [mA]} = 47 \text{ [\mu A]}$$

Ricaviamo ora il valore di I_{tot} con il principio di sovrapposizione degli effetti :

1° CALCOLO : agisce solo il generatore V_1

$$R_{eq1} \text{ (vista da } V_1, \text{ con } V_2 \text{ e } V_3 \text{ cortocircuitati)} = R_2 // R_4 + R_1 + R_3 =$$

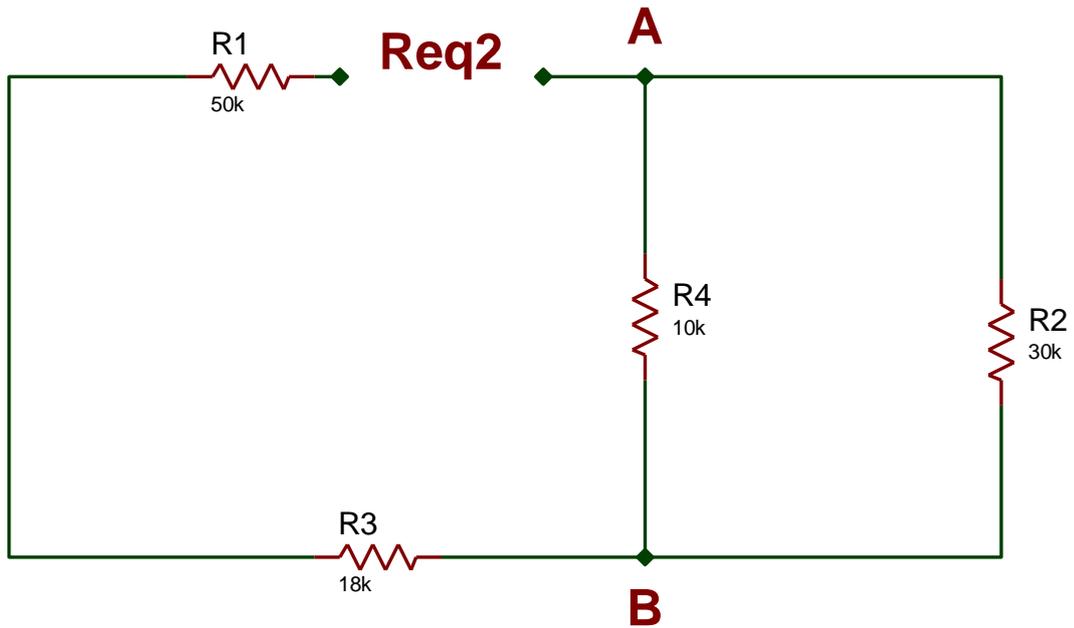
$$= 10 // 30 + 50 + 18 = 7,5 + 68 = \mathbf{75,5 \text{ [K}\Omega\text{]}}$$



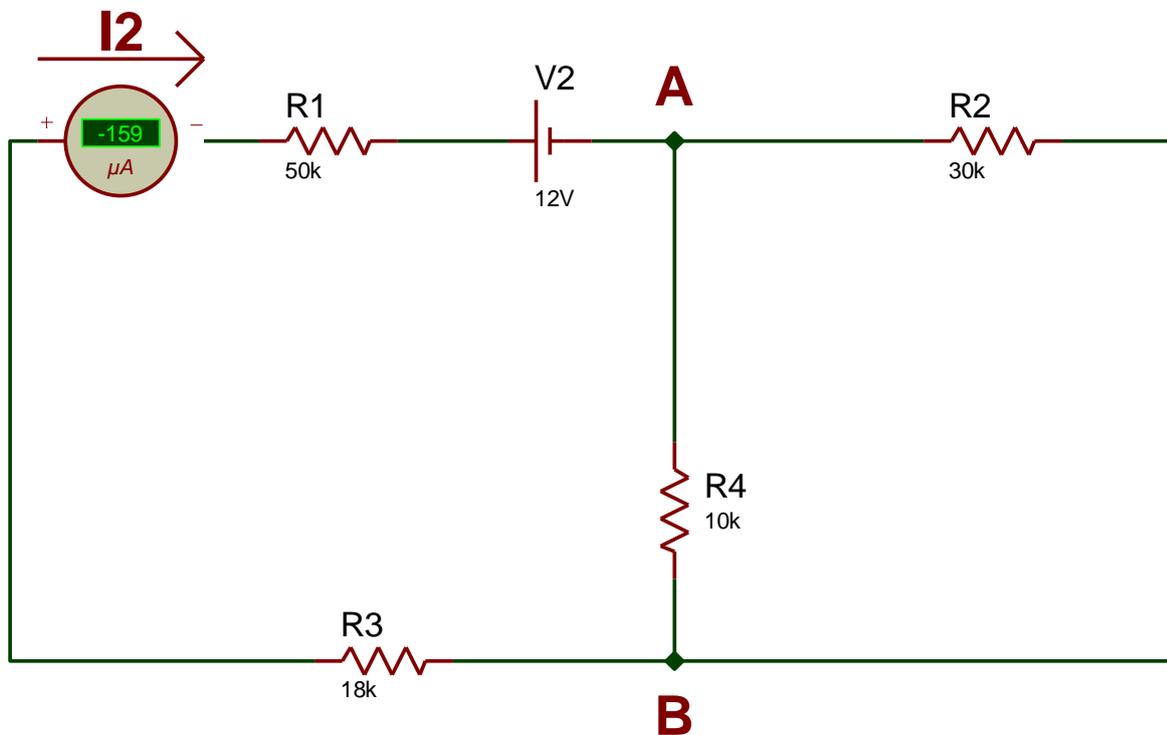
$$I_1 = V_1 / R_{eq1} = 18 / 75,5 = \mathbf{0,238 \text{ [mA]}}$$

La corrente è positiva perché entra nel morsetto + del DCAMMETER

2° CALCOLO : agisce solo V₂



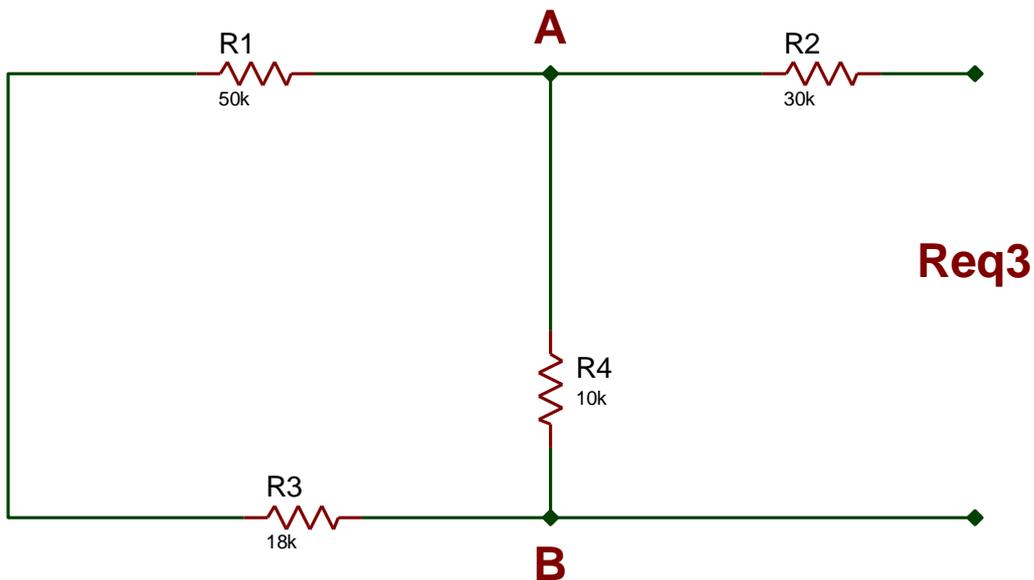
R_{eq2} (vista da V₂, con V₁ e V₃ cortocircuitati) = $R2 // R4 + (R1 + R3) = 7,5 + 68 = \mathbf{75,5 [K\Omega]}$



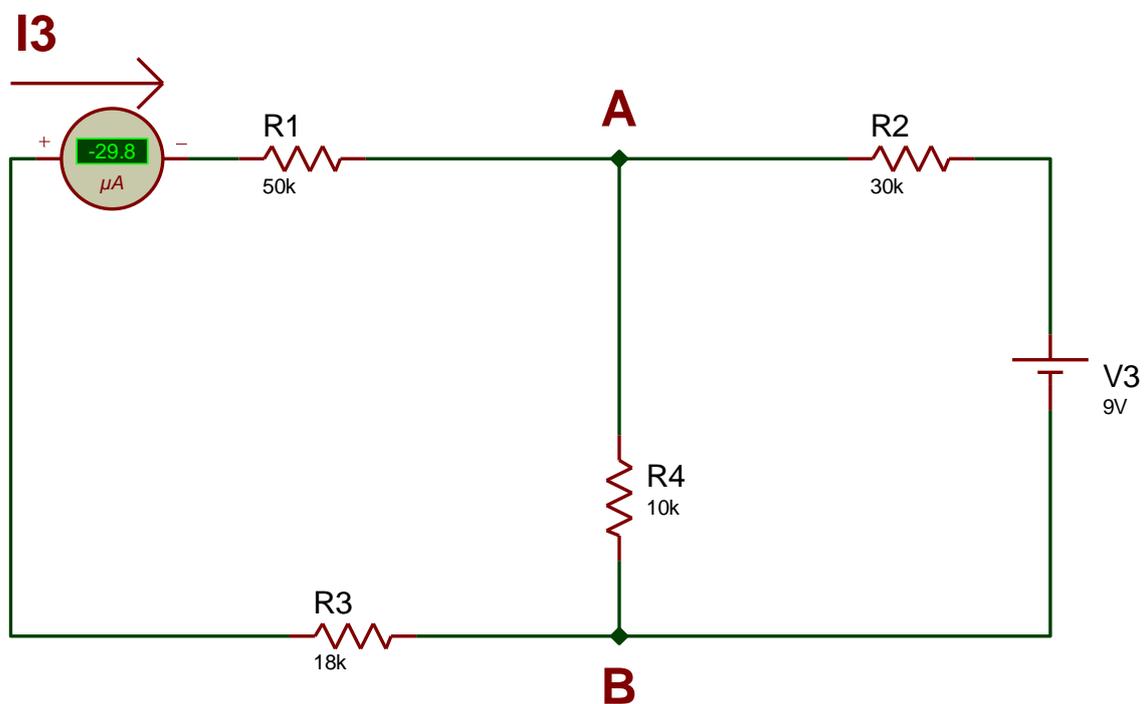
$I_2 = - V_2 / R_{eq2} = - 12 / 75,5 = - \mathbf{0,159 [mA]}$

La corrente è negativa perché entra nel morsetto + del DCAMMETER

3° CALCOLO : agisce solo V3



$$\mathbf{Req\ 3 = (R1 + R3) // R4 + R2 = 68 // 10 + 30 = 8,7 + 30 = 38,7 [K\Omega]}$$



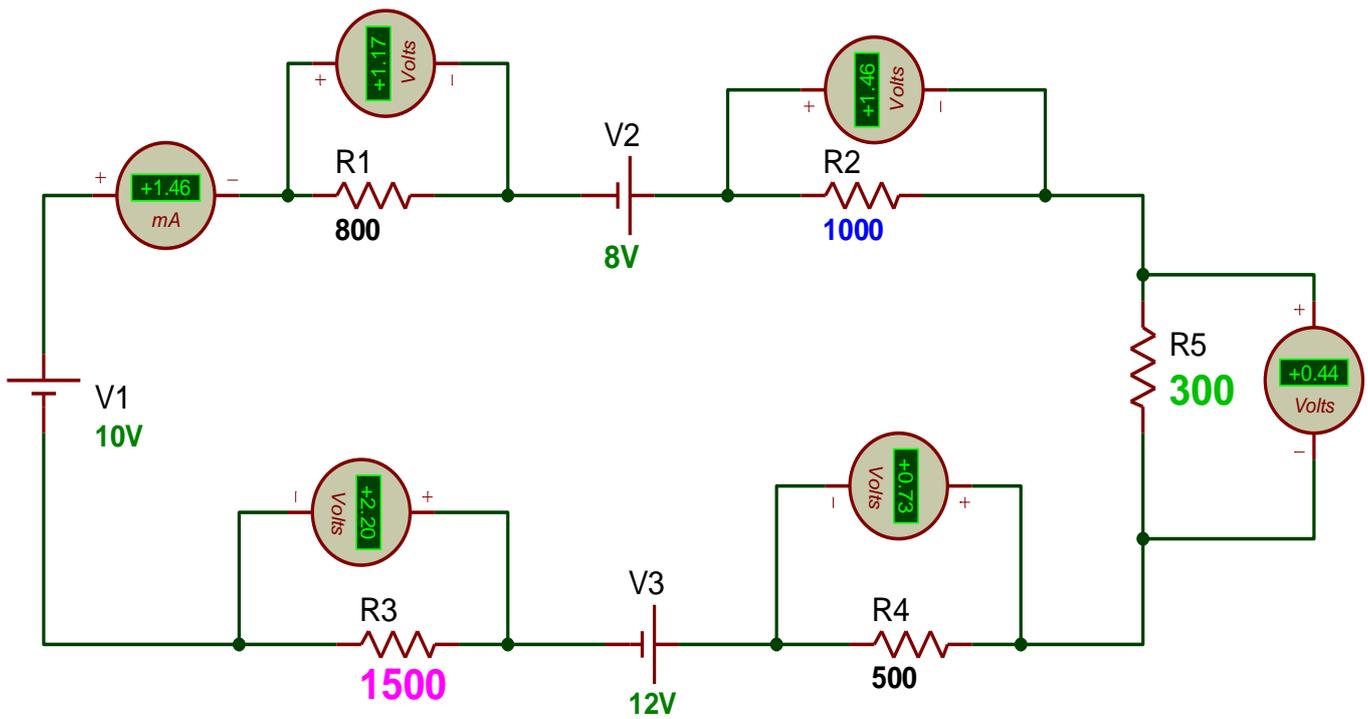
Per determinare I_3 , calcoliamo prima $V_{AB} = V_3 * R_{AB} / Req3 = 9 * 8,7 / 38,7 = 2 [V]$

$$\mathbf{I_3 = - V_{AB} / (R1 + R3) = - 2 / 68 = - 0,030 [mA]}$$

La corrente è negativa perché entra nel morsetto + del DCAMMETER

$$\text{Perciò } \mathbf{I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 = 0,238 - 0,159 - 0,030 = 0,049 [mA]}$$

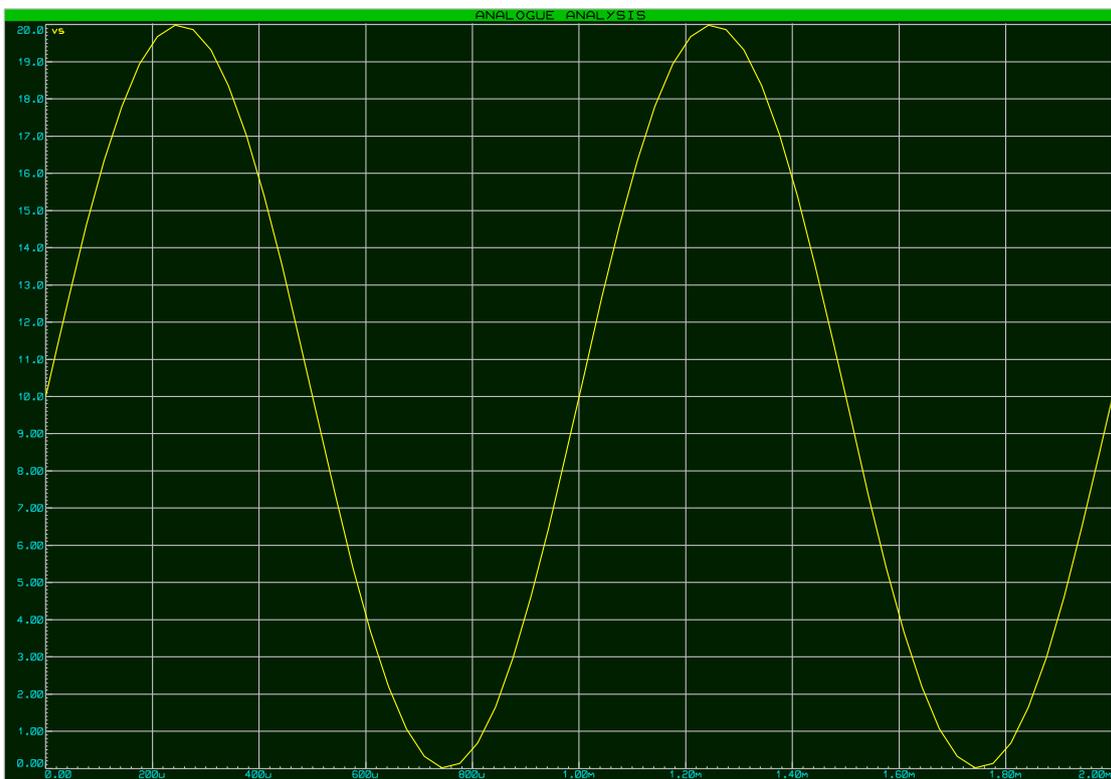
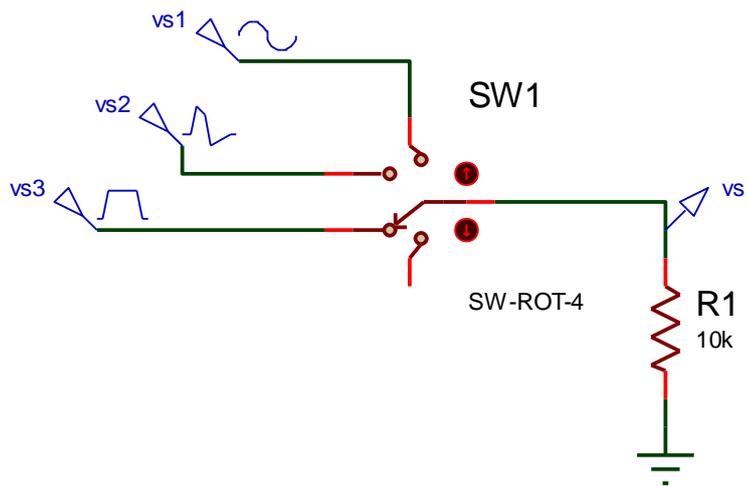
4. VERIFICA 2° LEGGE DI KIRCHHOFF



$$I = [V1 + V2 - V3] / [R1 + R2 + R3 + R4 + R5] = [10 + 8 - 12] / [800 + 1000 + 1500 + 500 + 300] = 1.46 \text{ [mA]}$$

$$2^\circ \text{ LEGGE : } V1 + V2 - V3 = VR1 + VR2 + VR3 + VR4 + VR5$$

5. SEGNALI ANALOGICI E DIGITALI



$v_{s1}(t)$: SEGNALE SINUSOIALE UNIPOLARE POSITIVO, RANGE 0-20 [V]

$$v_{s1}(t) = 10\sin(2\pi \cdot 1000t) + 10 \text{ [V]}$$

$$V_{\text{offset}} = +10[\text{V}]_{\text{dc}}$$

$$V_{\text{max}} = +10 \text{ [V]}$$

$$V_{\text{min}} = -10 \text{ [V]}$$

$$f = 1000 \text{ [Hz]}$$

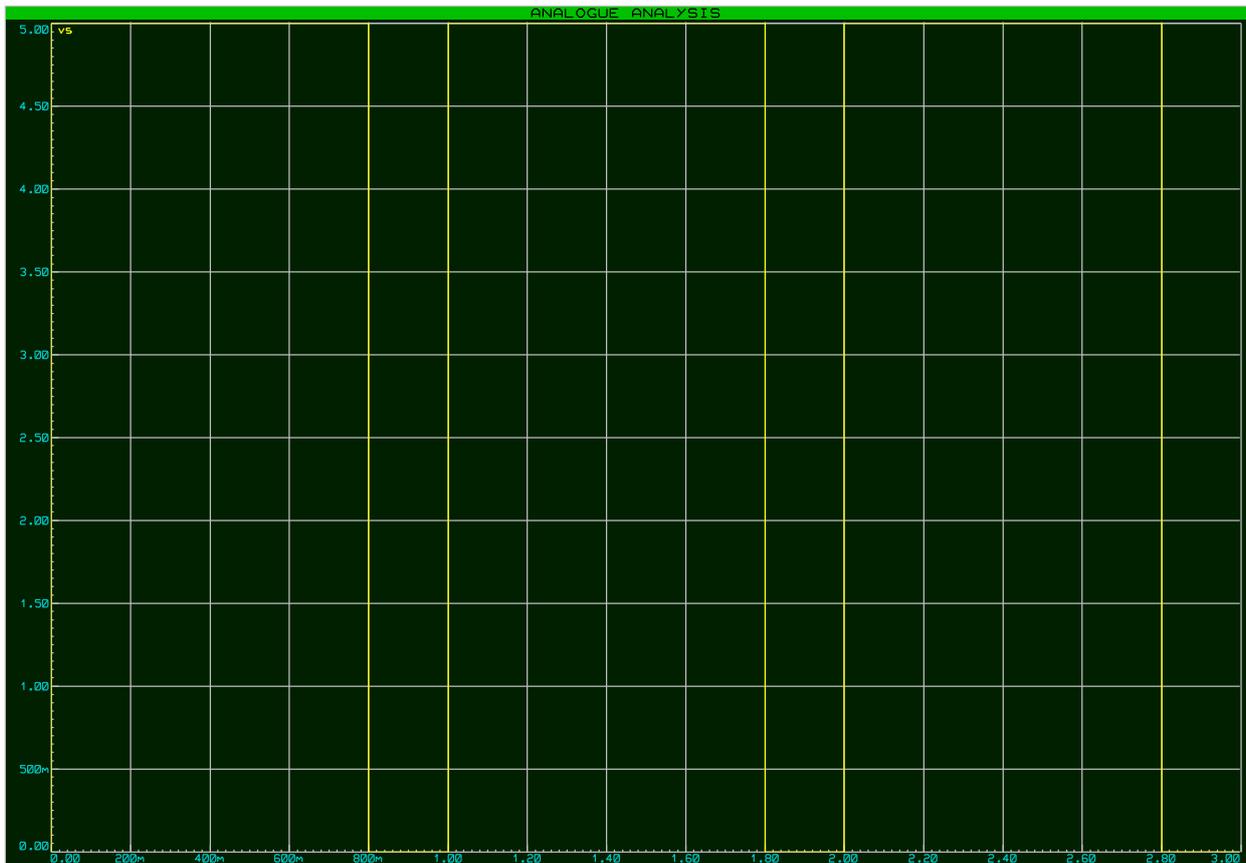
$$T = 1 \text{ [ms]}$$

$$(V_{\text{max}} + V_{\text{offset}}) = +20 \text{ [V]}$$

$$(V_{\text{min}} + V_{\text{off}}) = 0 \text{ [V]}$$



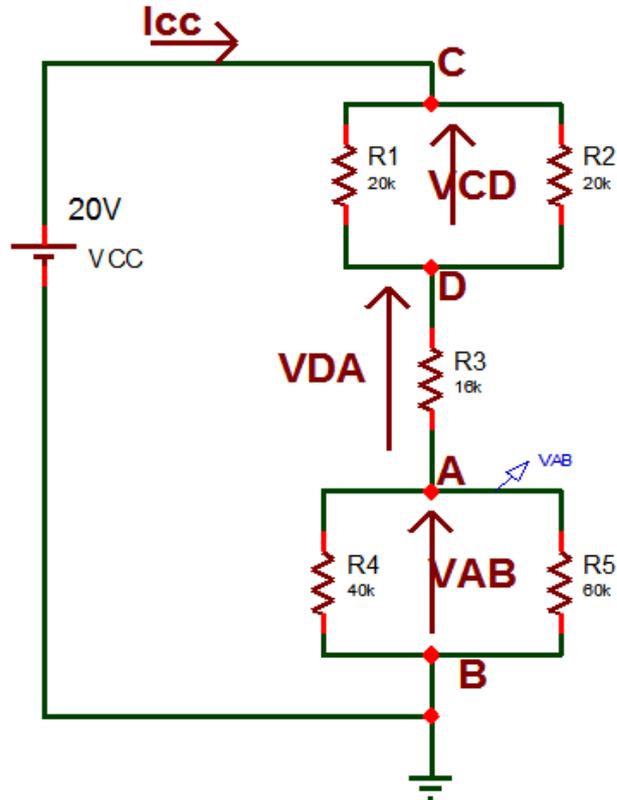
vs2 (t) : SEGNALE NON PERIODICO, BIPOLARE, RANGE : - 8 ÷ +18 [V]



vs3(t) : SEGNALE DIGITALE BINARIO UNIPOLARE POSITIVO, CON DUTY-CYCLE = 80% e RANGE : 0-5 [V]

6. PARTITORE DI TENSIONE , KIRCHHOFF

1° circuito :



1. Disegnare e simulare il partitore di tensione, utilizzando 3 DCVOLTMETER e 1 DCAMMETER.
2. Calcolare R_{eq} , I_{cc} , V_{AB} , V_{DA} , V_{CD} e verificare la 2° Legge di Kirchhoff
3. Simulare graficamente con generatore di tensione alternata sinusoidale, $V_{max} = 10[V]$, frequenza = $1[Khz]$

SOLUZIONE

N.B. : **SI APPLICA LA REGOLA PRATICA DI ESPRIMERE**

- TUTTE LE TENSIONI IN **VOLT**
- TUTTE LE CORRENTI IN **milliAMPERE**
- TUTTE LE RESISTENZE IN **KOHM**

1. $R_{eq} = R1//R2 + R3 + R4//R5 = 20//20 + 16 + 40//60 = 10 + 16 + 24 = 50 [K\Omega]$

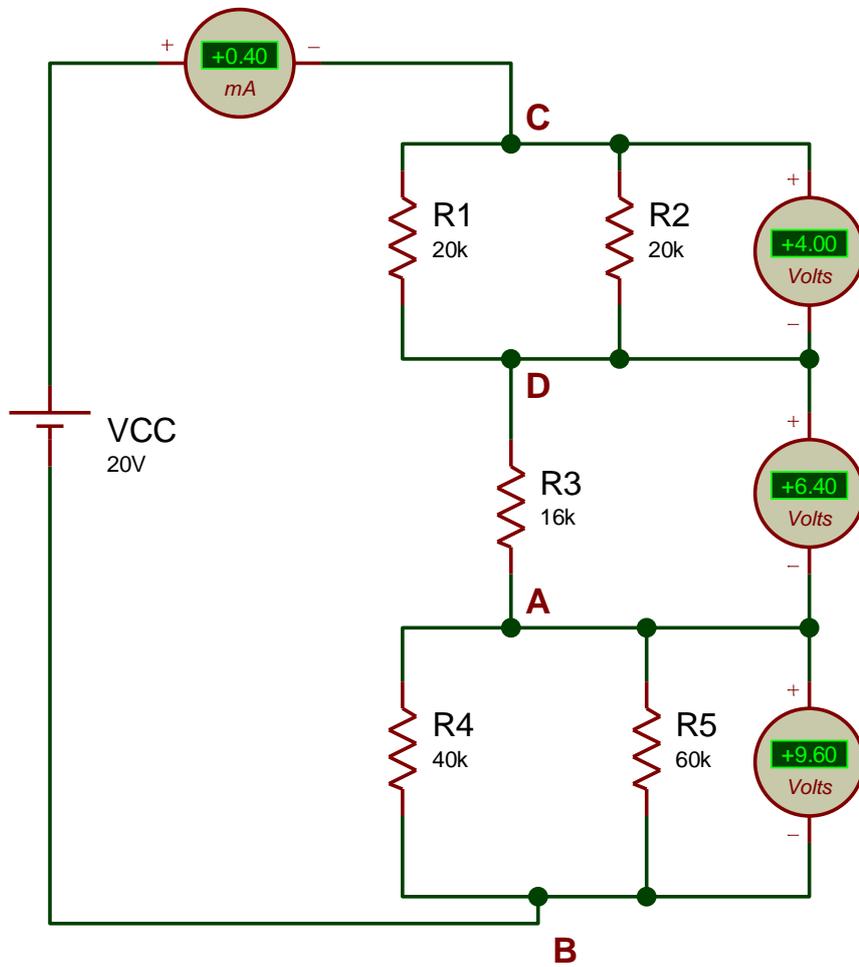
2. $I_{cc} = V_{cc} / R_{eq} = 20 / 50 = 0,4 [mA]$

$$V_{CD} = V_{cc} * (R1//R2) / R_{eq} = 20 * 10 / 50 = 4 [V]$$

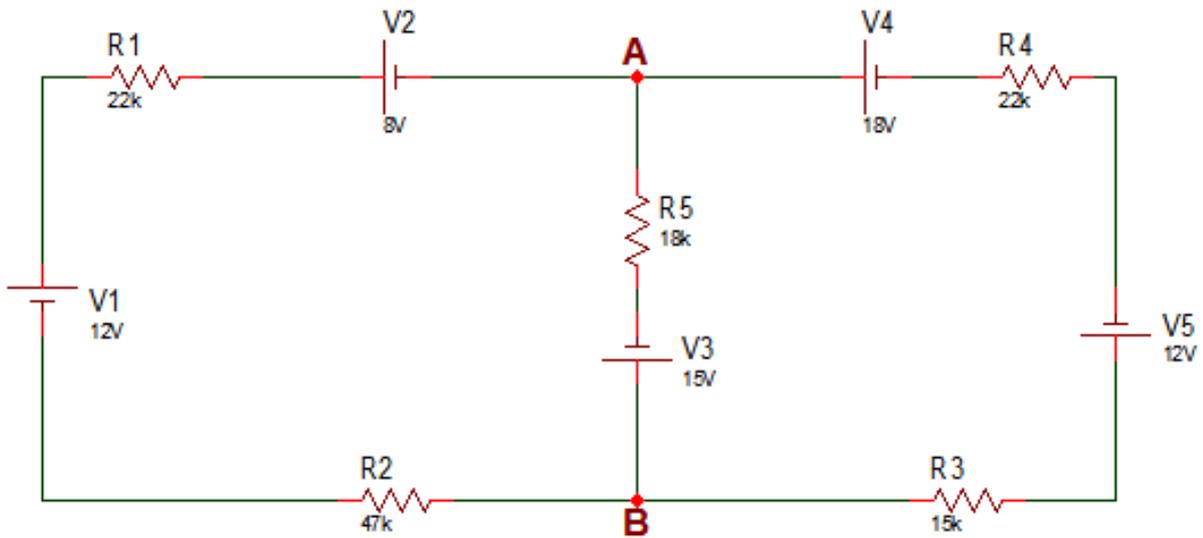
$$V_{DA} = 20 * 16 / 50 = 6,4 [V]$$

$$V_{AB} = 20 * 24 / 50 = 9,6 [V]$$

3. $20 = 4 + 6,4 + 9,6$



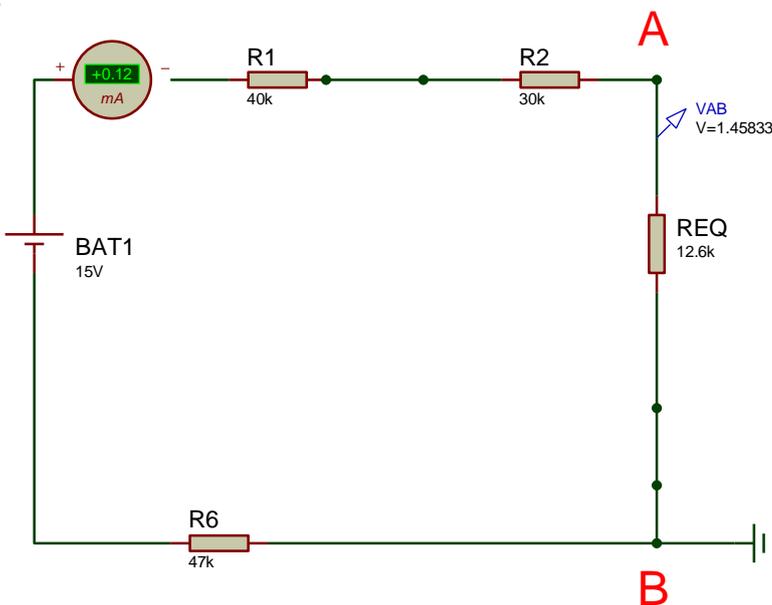
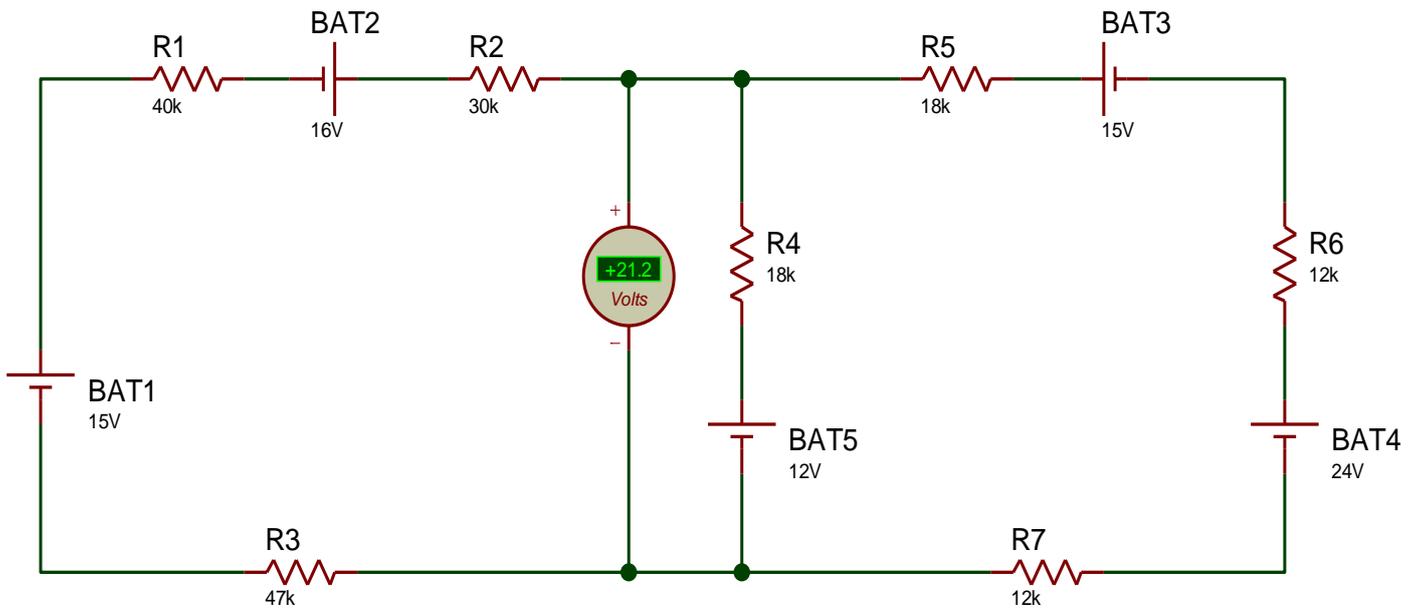
2° circuito : verificare, solo con la simulazione, la 2° Legge di Kirchhoff nel Nodo A



7. SOVRAPPOSIZIONE EFFETTI

Circuito a più batterie MAZZOLENI - STORAGE

(Circuito integrale)

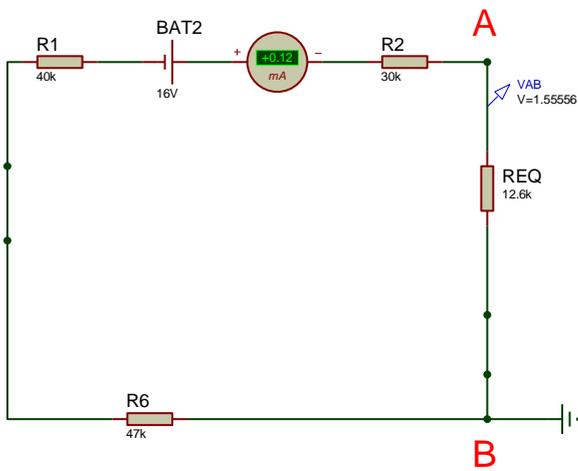


$$R_{TOT1} = 129,6 \text{ [KOhm]}$$

$$I1 = 15 / 129,6 \sim 0,116 \text{ [mA]}$$

$$VAB1 = 12,6 * 0,116 \sim 1,46 \text{ [V]}$$

(Circuito ridotto considerando la batteria 1)



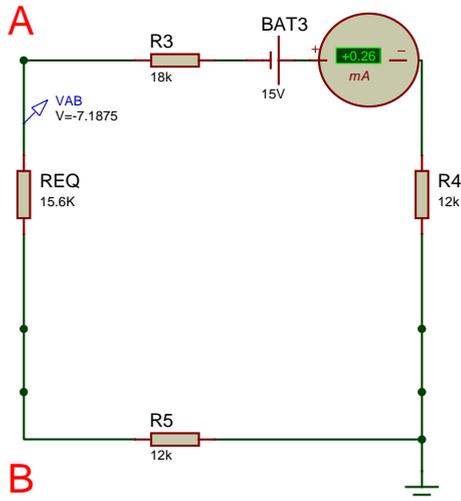
$$REQ2 = (R3 + R4 + R5) // R7 = 42 // 18 = 12.6 \text{ [KOhm]}$$

$$RTOT2 = 129.6 \text{ [KOhm]}$$

$$I2 = 16 / 129.6 \sim 0.123 \text{ [mA]}$$

$$VAB2 = 12.6 * 0.123 \sim 1.55 \text{ [V]}$$

(Circuito ridotto considerando la batteria 2)



$$REQ3 = (R6 + R1 + R2) // R7 = 117 // 18 = 15.6 \text{ [KOhm]}$$

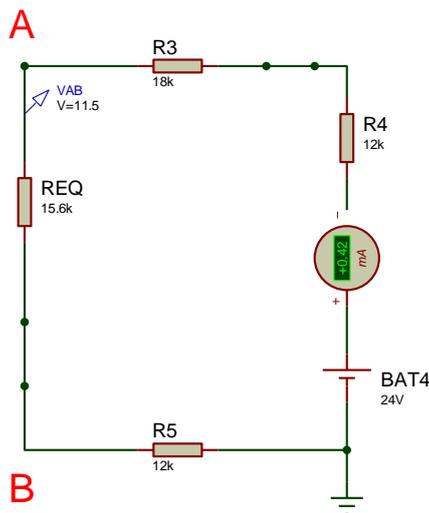
$$RTOT3 = R4 + R5 + REQ + R3 = 57.6 \text{ [KOhm]}$$

$$I3 = 15 / 57.6 \sim 0.26 \text{ [mA]}$$

$$VAB3 = 15.6 * 0.26 \sim 4.06 \text{ [V]}$$

BAT 3 va
rovesciata

(Circuito ridotto considerando la batteria 3)



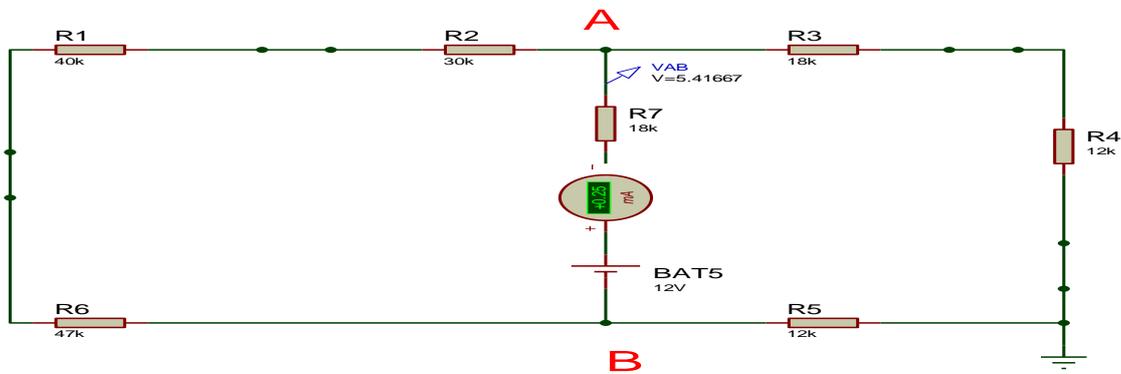
$$REQ4 = (R6 + R1 + R2) // R7 = 117 // 18 = 15.6 \text{ [KOhm]}$$

$$RTOT4 = R4 + R3 + REQ + R5 = 57.6 \text{ [KOhm]}$$

$$I4 = 24 / 57.6 \sim 0.41 \text{ [mA]}$$

$$VAB4 = 15.6 * 0.41 \sim 6.4 \text{ [V]}$$

(Circuito ridotto considerando la batteria 4)



(Circuito ridotto considerando la batteria 5)

$$R_{TOT5} = R7 + [(R1+R2+R3)/(R3+R4+R5)] = 18 + (117/42) \sim 48,9$$

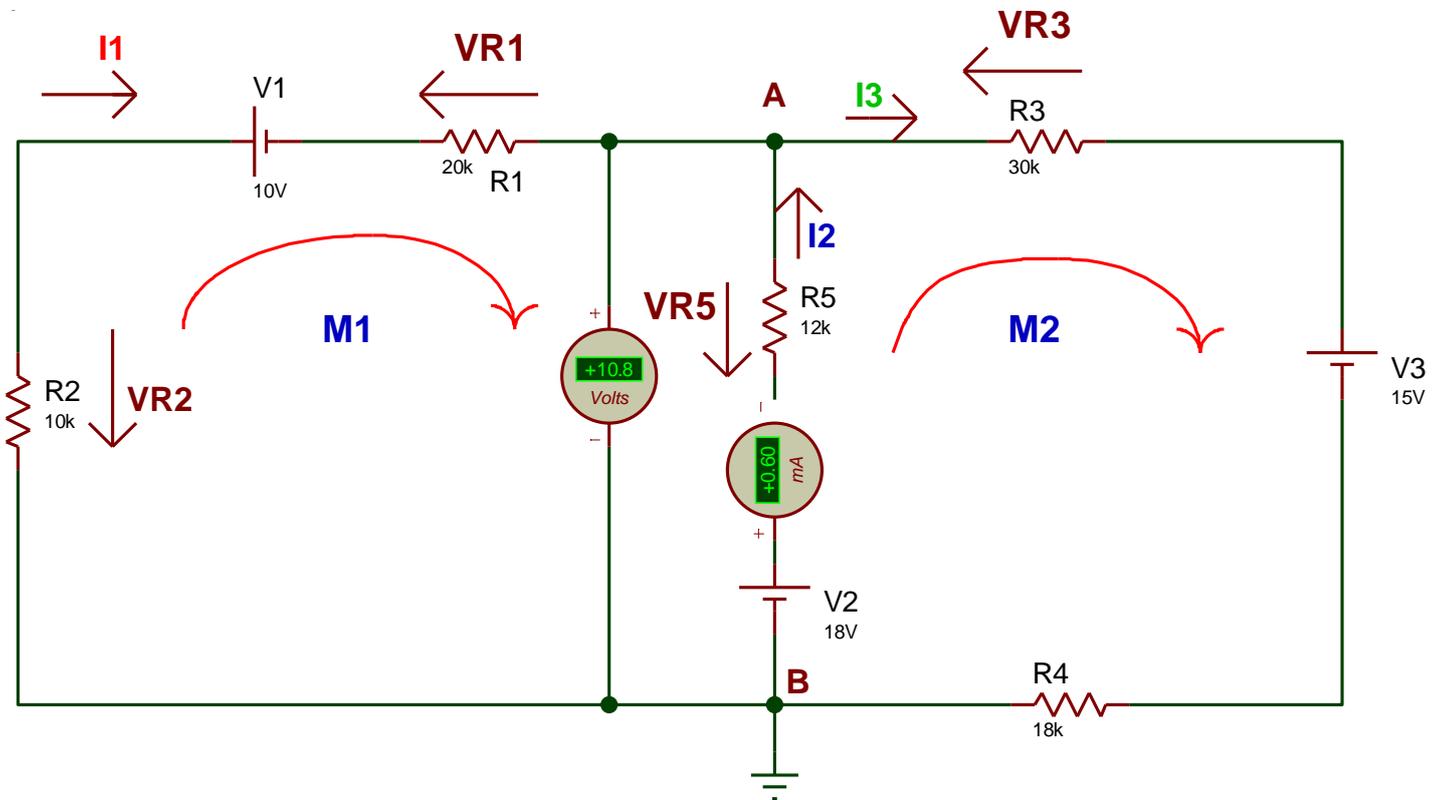
$$I5 = 12/48,9 \sim 0,25 \text{ [mA]}$$

$$V_{AB5} = 30,9 * 0,25 = 7,7 \text{ [V]}$$

Perciò :

$$V_{AB \text{ tot}} = V_{AB1} + V_{AB2} + V_{AB3} + V_{AB4} + V_{AB5} = 1,46 + 1,55 + 4,06 + 6,4 + 7,7 = 21,17 \text{ [V]}$$

8. RISOLUZIONE CIRCUITO CON METODO DI KIRCHHOFF



equaz al Nodo A : $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

equaz alla maglia M1 : $-V_1 - V_2 - (R_1 + R_2) * I_1 + R_5 * I_2 = 0$ >>>> $-10 - 18 - 30 * I_1 + 12 * I_2 = 0$

equaz alla maglia M2 : $V_2 - V_3 - (R_3 + R_4) * I_3 - R_5 * I_2 = 0$ >>>> $18 - 15 - 48 * I_3 - 12 * I_2 = 0$

N_A) $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ >>>> $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

M1) $-28 - 30 * I_1 + 12 * I_2 = 0$ >>>> $I_1 = (-28 + 12 * I_2) / 30$

M2) $3 - 48 * I_3 - 12 * I_2 = 0$ >>>> $I_3 = (3 - 12 * I_2) / 48$

Ora sostituiamo le 2 espressioni a 2° membro nell'equazione al Nodo :

$(-28 + 12 * I_2) / 30 + I_2 - (3 - 12 * I_2) / 48 = 0$

Facciamo il minimo comune multiplo :

$-224 + 96 * I_2 + 240 * I_2 - 15 + 60 I_2$

 240 = 0

da cui :

$396 * I_2 = 239$ >>>> $I_2 = 0,604 \text{ [mA]}$ **come ricavato con PROTEUS**

Sostituendo il valore di I_2 nelle 2 equazioni $M1, M2$, ci ricaviamo I_1 e I_3 :

$$I_1 = (-28 + 12 \cdot I_2) / 30 = (-28 + 12 \cdot 0,6) / 30 = -0,692 \text{ [mA]}$$

$$I_3 = (3 - 12 \cdot I_2) / 48 = (3 - 7,2) / 48 = -0,088 \text{ [mA]}$$

Ricaviamo ora V_{AB} , considerando il ramo centrale :

$$V_{AB} = V_2 - V_{R5} = 18 - 12 \cdot (0,60) = 10,8 \text{ [V]} \quad \text{come ricavato con PROTEUS}$$

COSA INDICANO I SEGNI ?

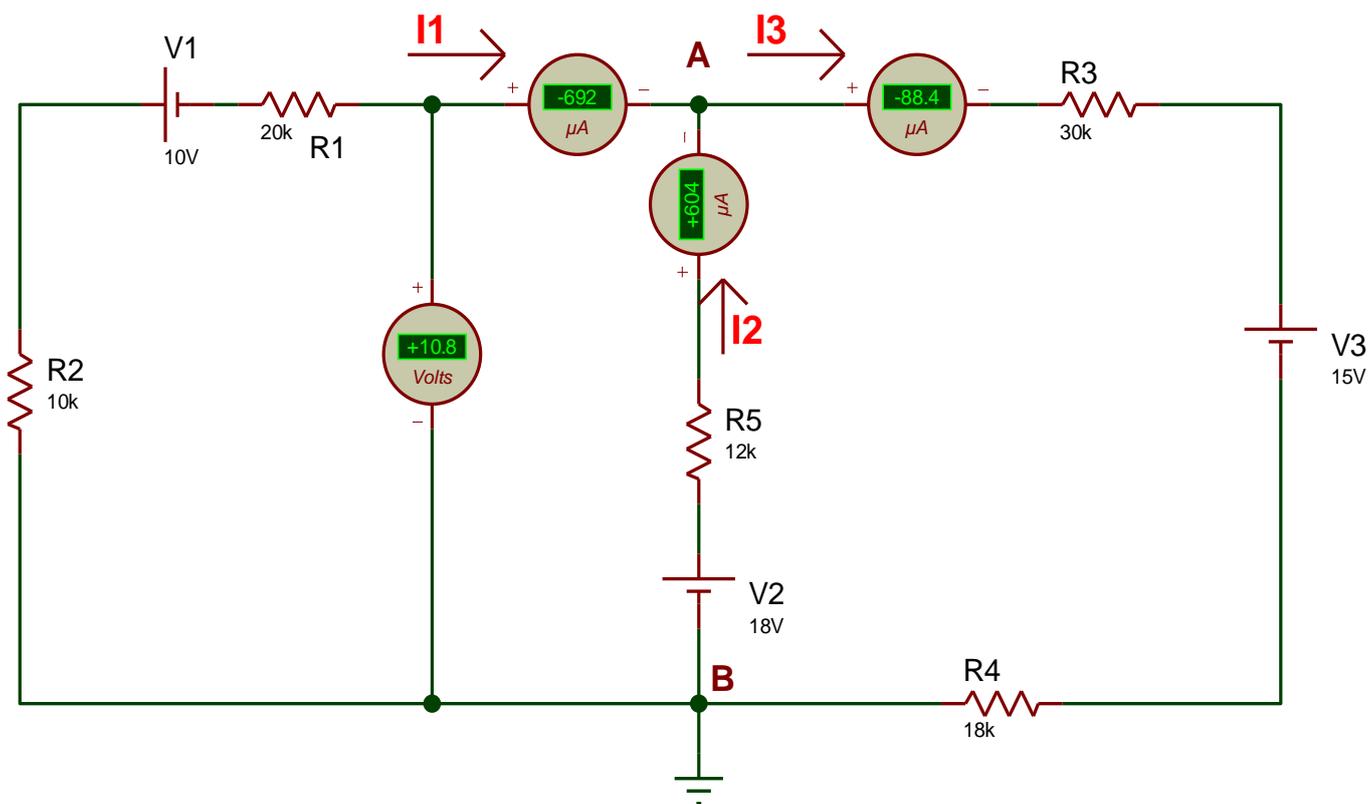
- I_2 è POSITIVA, QUINDI **ENTRA** EFFETTIVAMENTE NEL NODO A, COME SUPPOSTO ALL'INIZIO
- I_1 è NEGATIVA, QUINDI **ESCE** EFFETTIVAMENTE DAL NODO A, AL CONTRARIO DI QUANTO SUPPOSTO
- I_3 è NEGATIVA, QUINDI **ENTRA** EFFETTIVAMENTE NEL NODO A, AL CONTRARIO DI QUANTO SUPPOSTO

VERIFICA 1° LEGGE DI KIRCHHOFF AL NODO A :

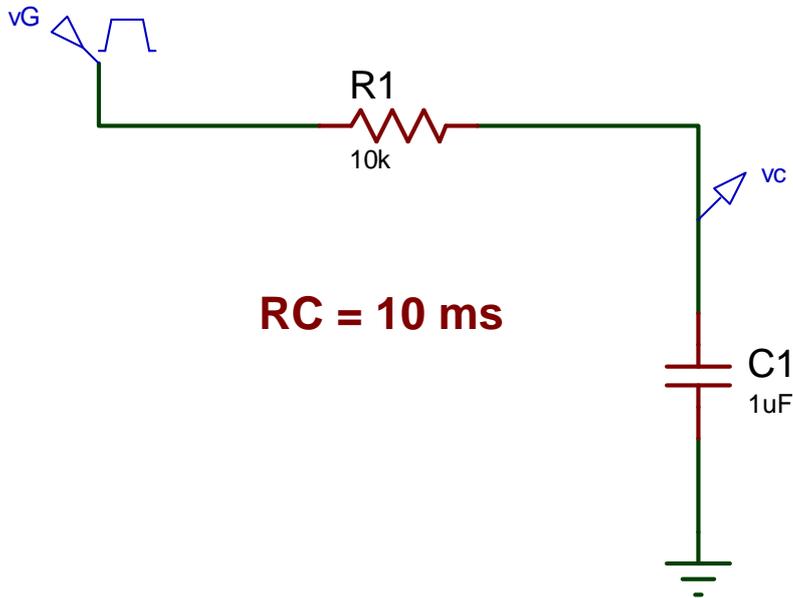
$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad \gggg \quad -0,692 + 0,604 - (-0,088) = 0$$

VERIFICHIAMO ORA CON PROTEUS :

- inseriamo gli amperometri col polo positivo rivolto verso le punte delle frecce di corrente
- se la corrente entrerà effettivamente nel polo positivo dello strumento, il valore indicato avrà segno +, altrimenti avrà segno -



9. CIRCUITO RC IN REGIME DI ONDA QUADRA



VG max = 5 [V]

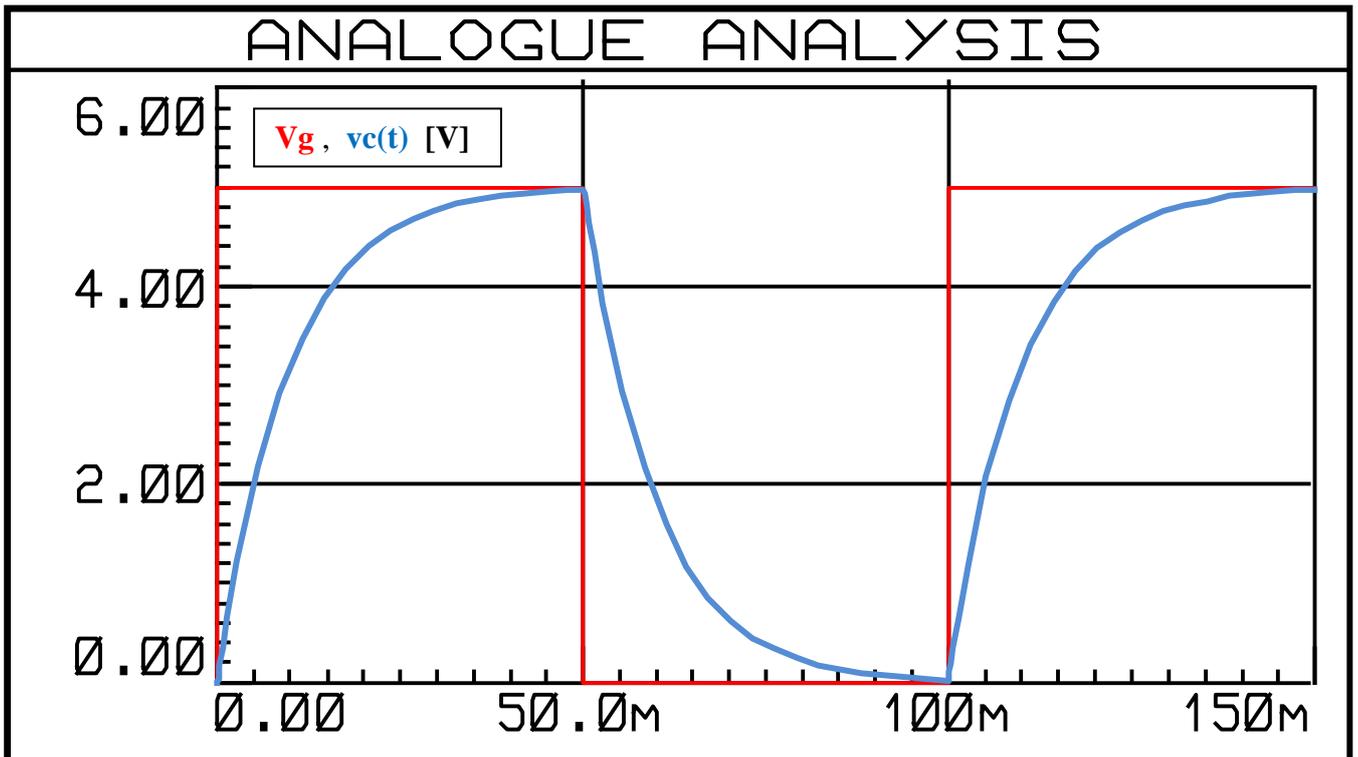
VG min = 0

f = 10 [Hz]

↔

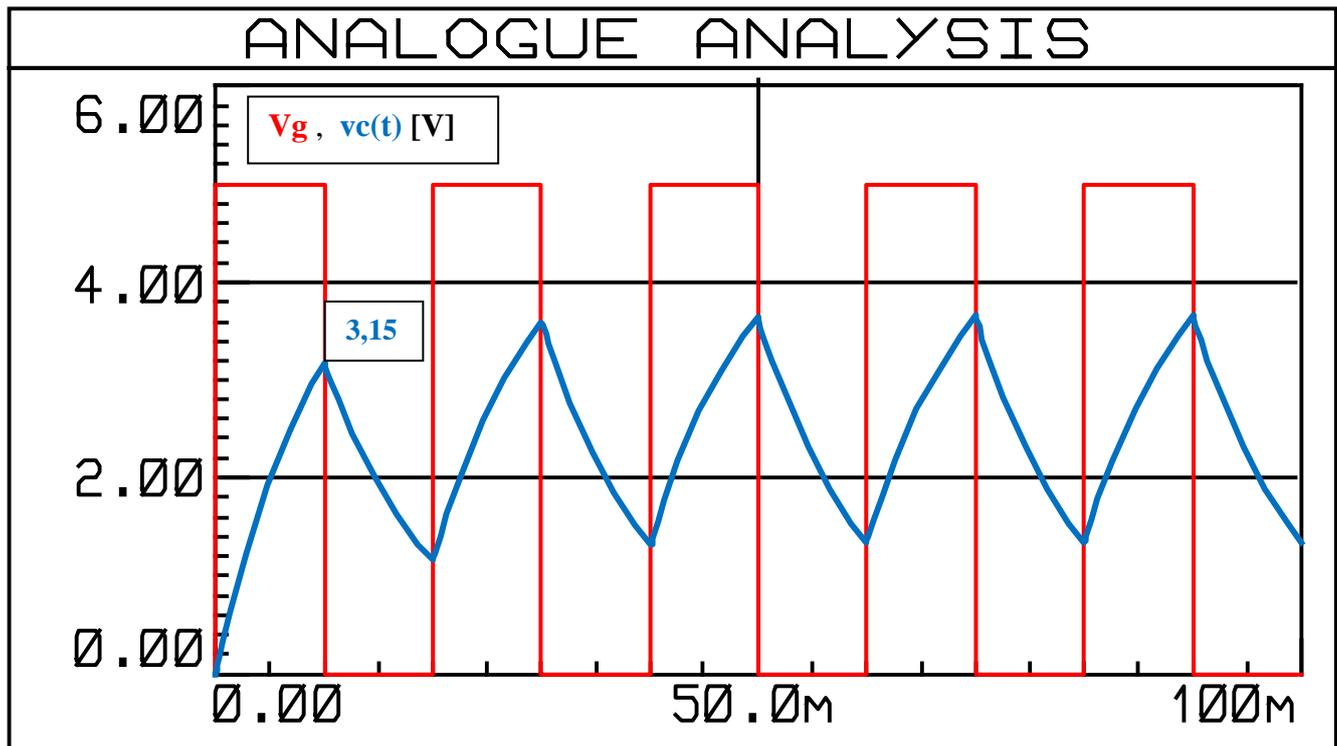
T = 100 [ms]

1° caso) Essendo $T/2 = 50 \text{ [ms]} = 5 RC$ >>>> il Condensatore riesce a caricarsi e scaricarsi completamente !



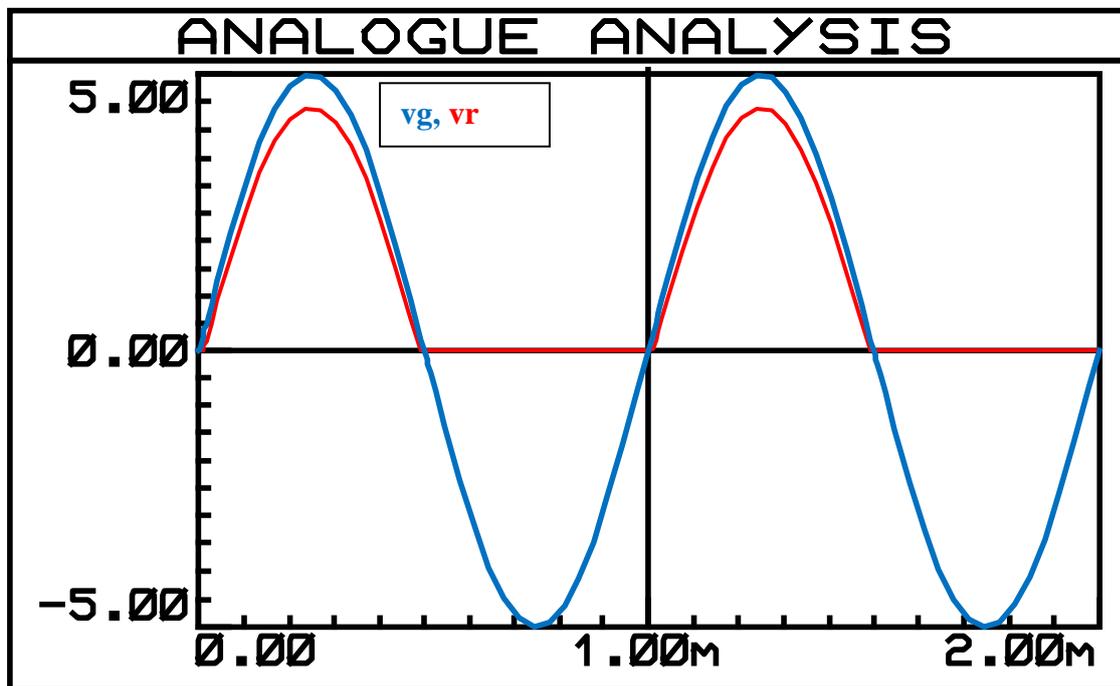
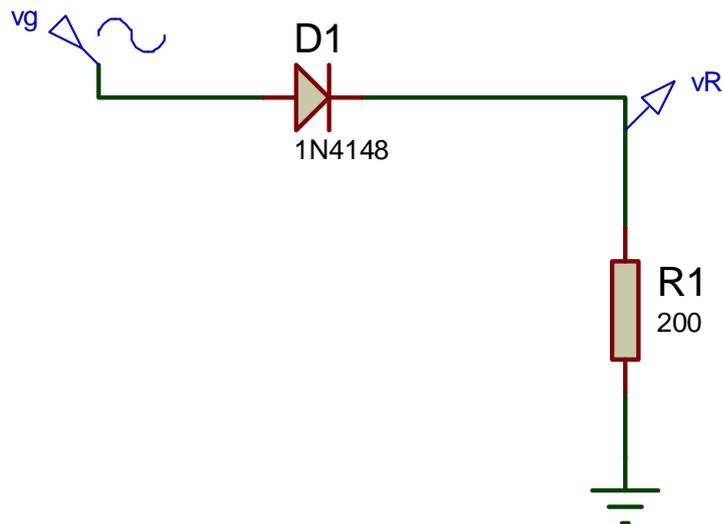
2° caso) Questo invece è il grafico che si ottiene con $T/2 = \tau = 10$ [ms] :

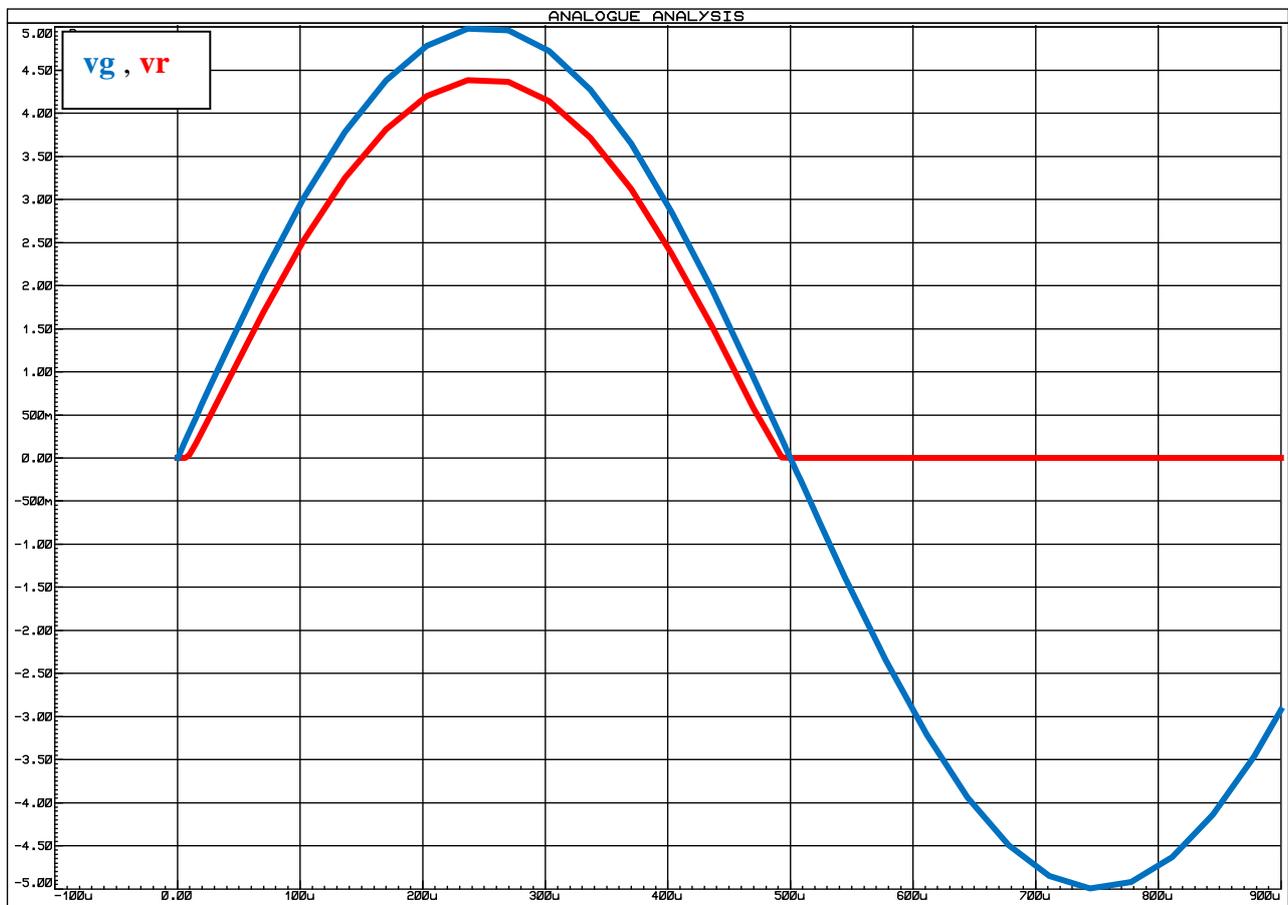
se il Condensatore è completamente scarico (1° ciclo), la sua tensione parte da zero e arriva fino al 63% del valore max di V_g , per cui V_{cmax} , alla fine del 1° SEMIPERODO, vale $5 \cdot 0,63 = 3,15$ [V] ; dopo 2-3 cicli la V_{cmax} e la V_{cmin} si stabilizzano su 2 valori precisi.



10. Circuito raddrizzatore a una semionda

$$v_g(t) = 5 \sin(2\pi 1000 t) \text{ [V]}$$

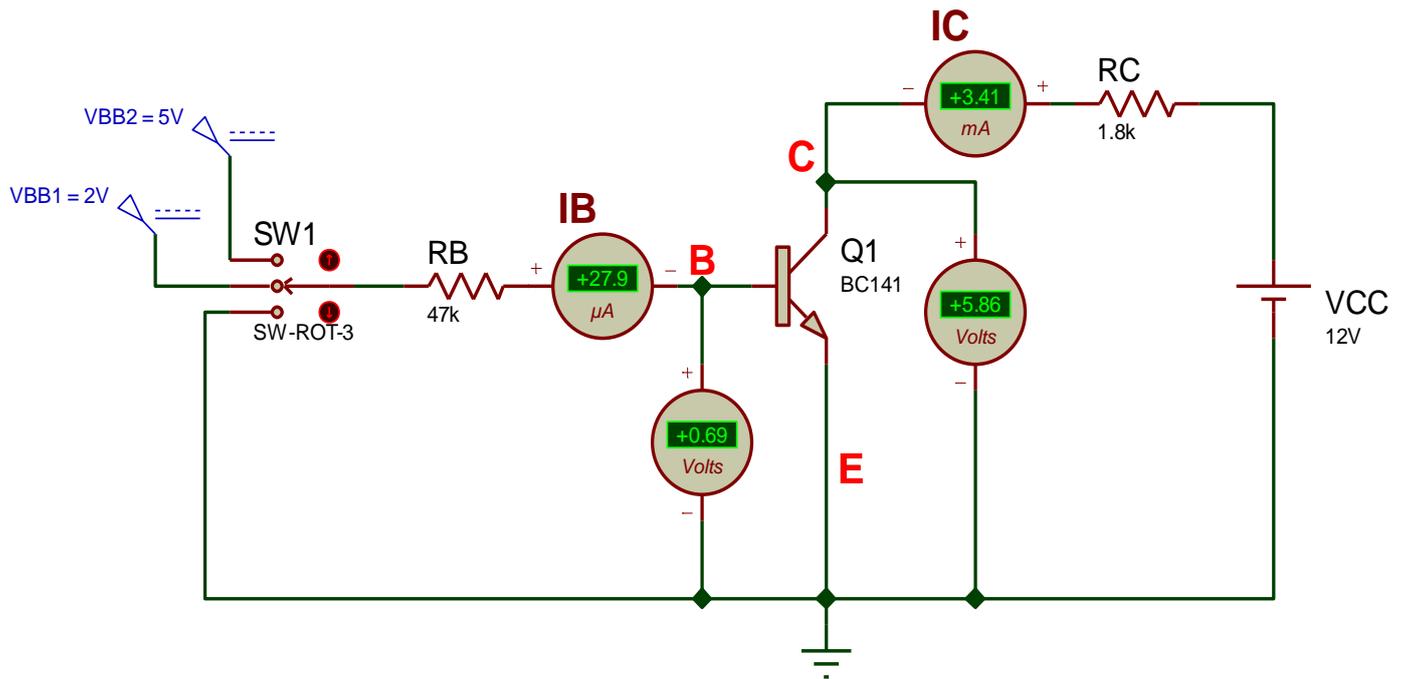




Zoom grafico delle forme d'onda per evidenziare che l' intervallo temporale di Conduzione del diodo è $< T / 2$

11. CIRCUITO DI POLARIZZAZIONE BJT npn, configurazione CE

1° situazione : $V_{BB} = 2$ [V]



$$h_{FE1} = I_{C1} / I_{B1} = 3410 / 27,9 = 122$$

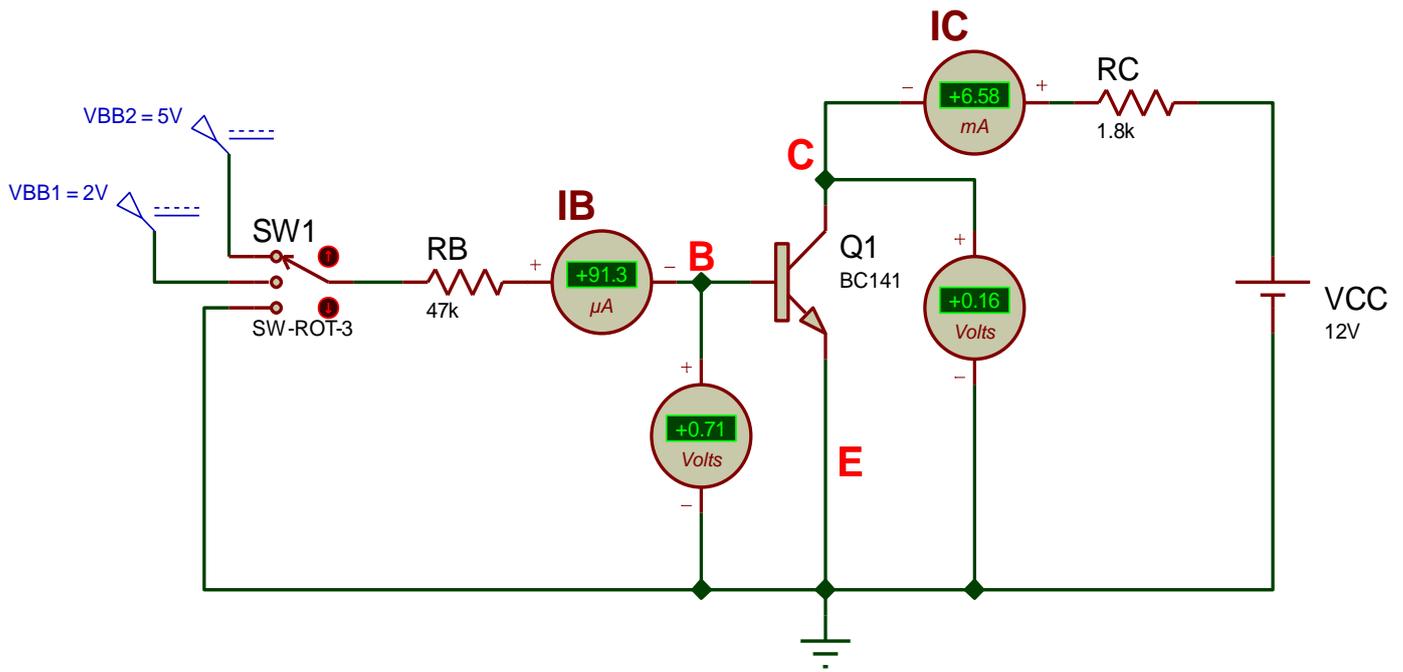
REGIONE ATTIVA $Q_{IN1} = (I_{B1} ; V_{BE1}) = (27,9 [\mu A] ; 0,69 [V])$

$$Q_{OUT1} = (I_{C1} ; V_{CE1}) = (3,41 [mA] ; 5,86 [V])$$

Q_{IN} e Q_{OUT} sono detti PUNTI DI LAVORO del BJT

h_{FE} è il guadagno di corrente in continua

2° situazione : $V_{BB} = 5$ [V]



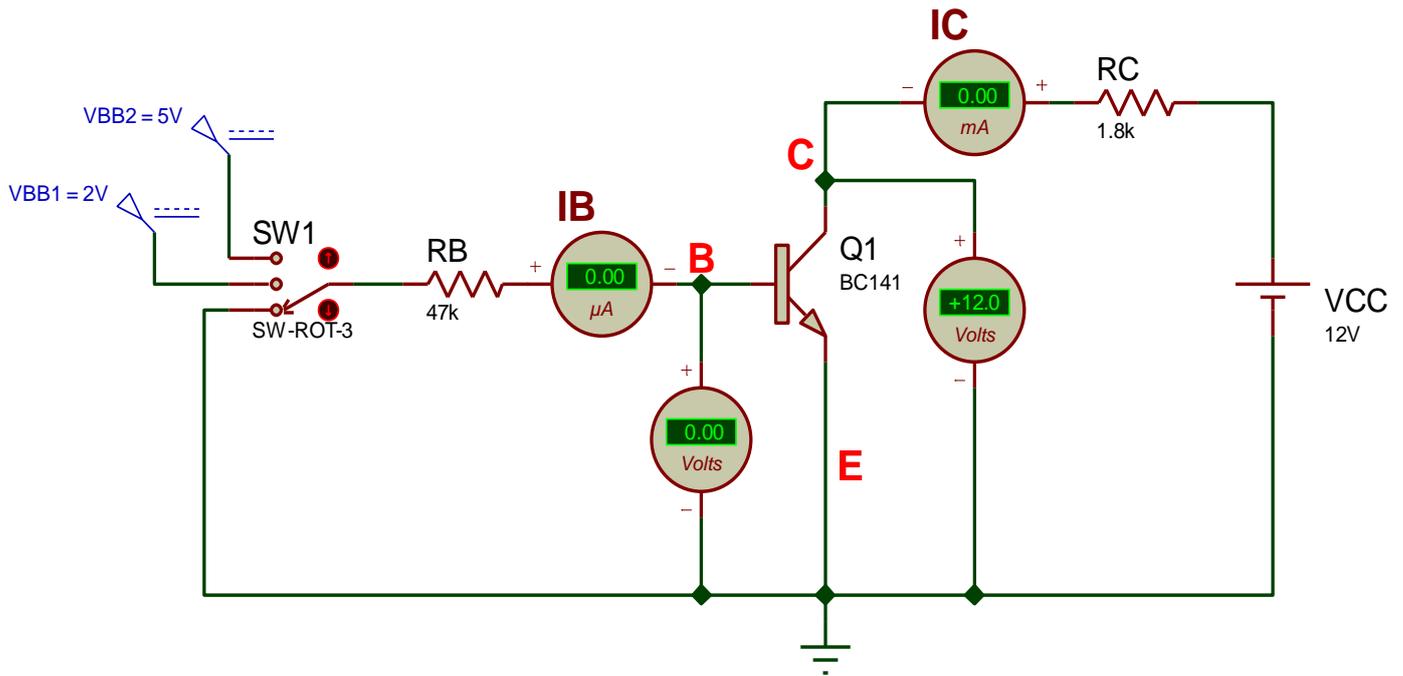
SATURAZIONE

$$Q_{IN2} = (I_{B2} ; V_{BE2}) = (91,3 [\mu A] ; 0,71[V])$$

$$Q_{OUT2} = (I_{C2} ; V_{CE2}) = (6,58 [mA] ; 0,16 [V])$$

$$h_{FEsat} = 6580 / 91,3 = 72$$

3° situazione : $V_{BB} = 0$ [V]

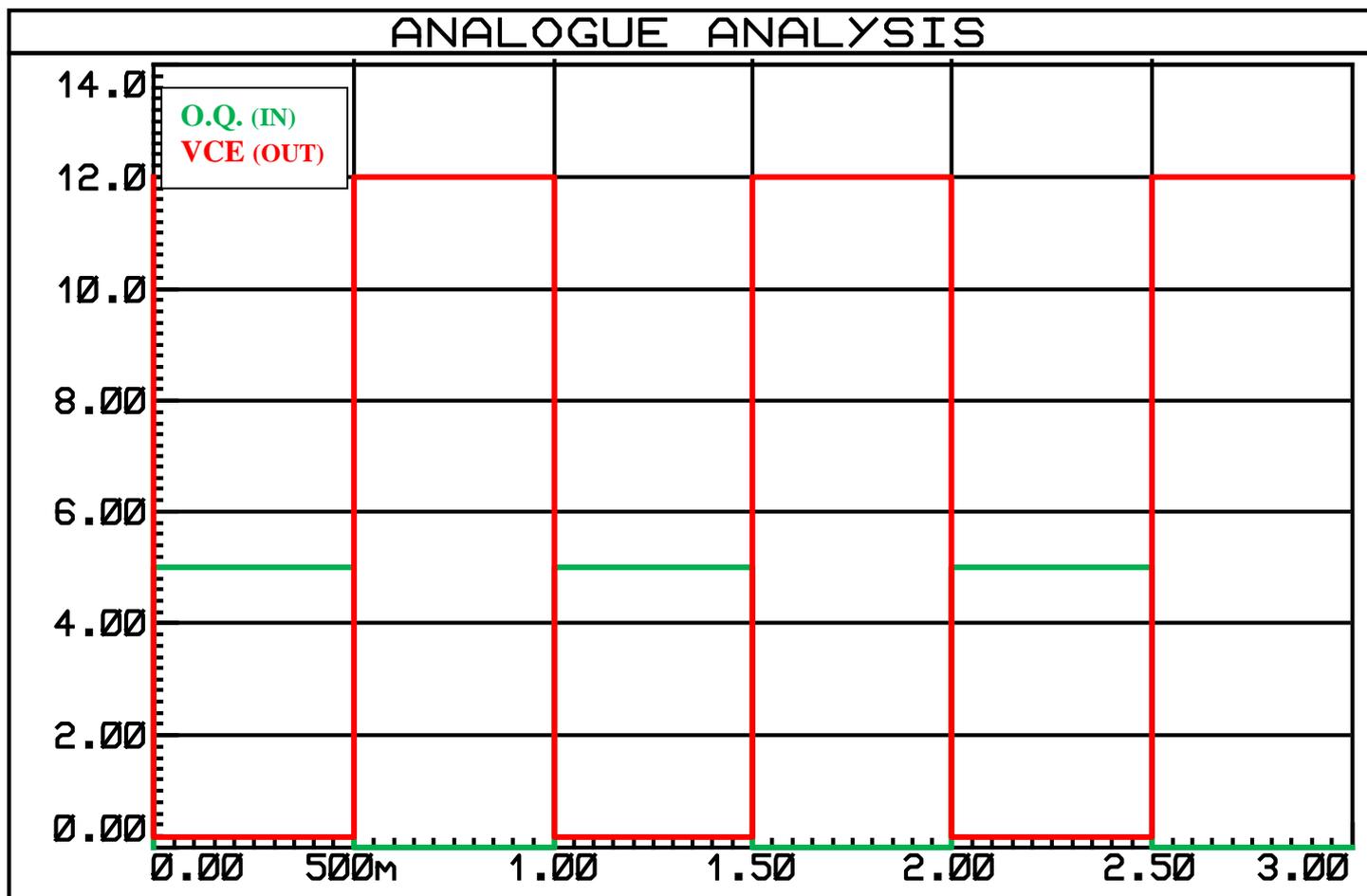
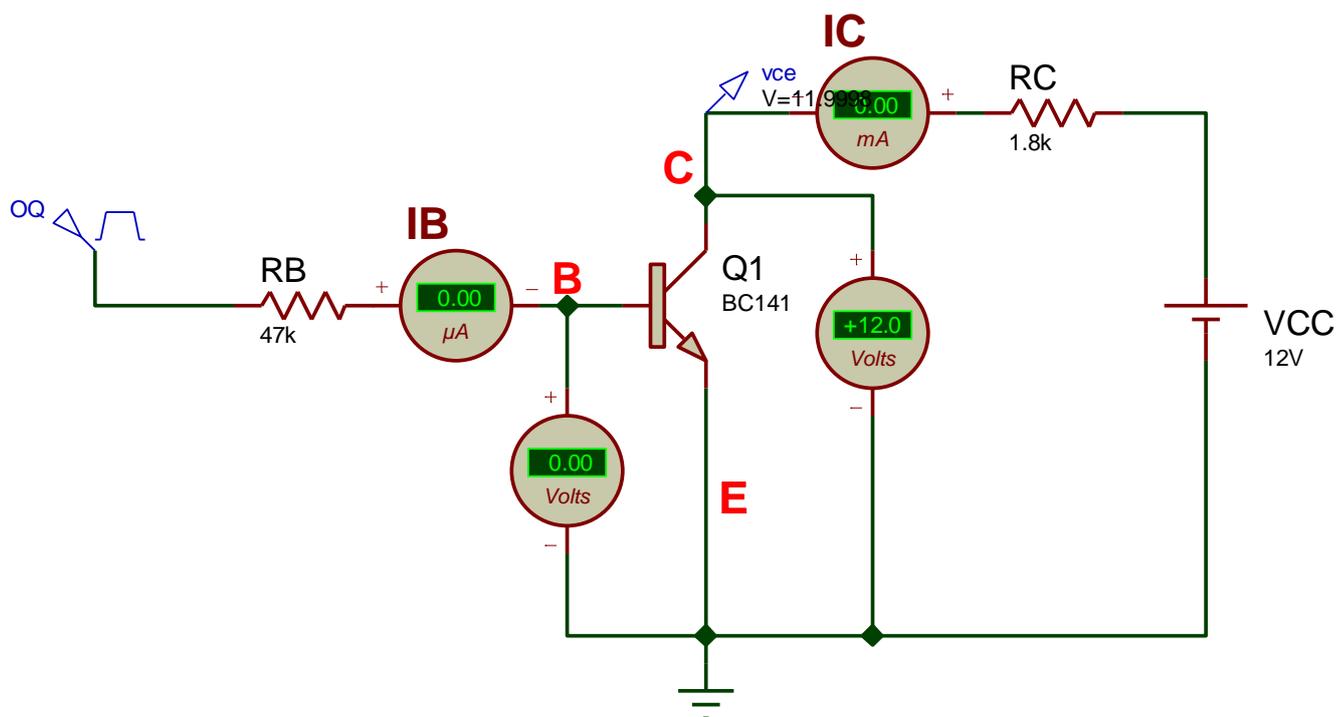


INTERDIZIONE

$$Q_{IN3} = (I_{B3} ; V_{BE3}) = (0 \text{ [}\mu\text{A]} ; 0 \text{ [V]})$$

$$Q_{OUT3} = (I_{C3} ; V_{CE3}) = (0 \text{ [mA]} ; 12 \text{ [V]})$$

4° situazione : Generatore di Onda Quadra in IN ($V_{min} = 0$, $V_{max} = 5$ [V], $f = 1$ [Hz])



Il BJT passa da INTERDIZIONE a SATURAZIONE, ogni 0,5 [sec]