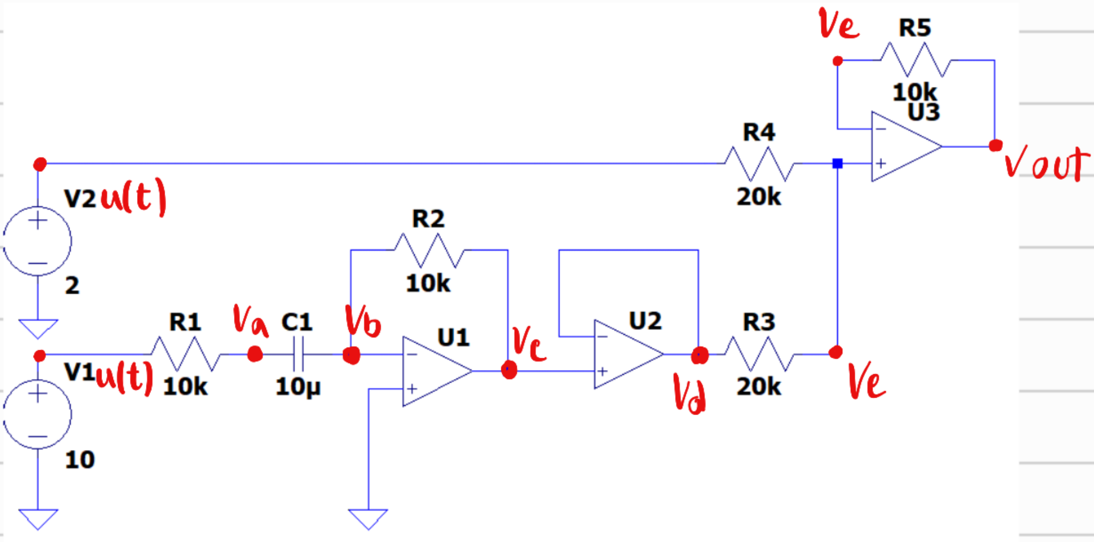
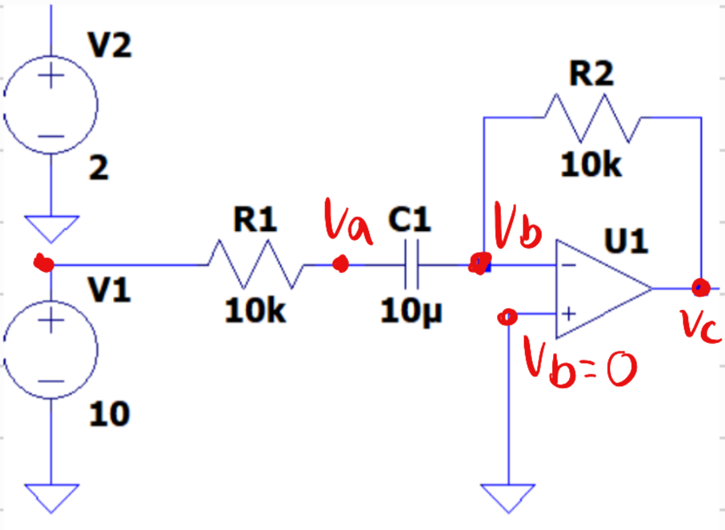
P1



Resolveremos el circuito con método de análisis nodal (generalmente es más fácil que M.C.M cuando hay OPAMP involucrados). Además, como los OPAMP son ideales podemos aplicar directamente las hipotesis de cortocircuito virtual ($V_+ = V_- \wedge i_- = i_+ = 0$), lo que implica que la corriente "seguirá" un sólo camino al atravesar el OPAMP:



LCK en nodo V_a:

$$(1)\quad \frac{V_1u(t) - V_a}{R_1} = i_c(t) = C\frac{dv_c(t)}{dt}$$

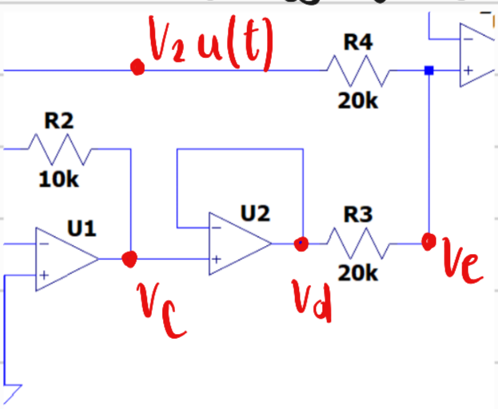
LCK en nodo a V_b:

$$i_c(t) = C\frac{dV_{cond}}{dt} = \frac{V_b - V_a}{R_2}$$

Pero $V_b = 0$ (tierra)

$$\Rightarrow C\frac{dV_{cond}}{dt} = -\frac{V_c}{R_2} \quad (2)$$

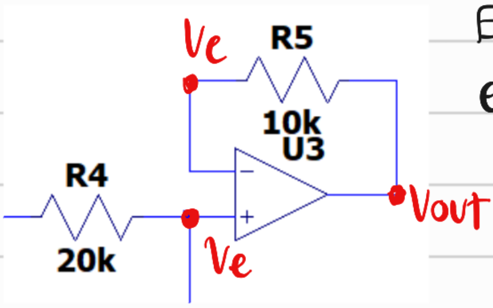
OPAMP U2 es un seguidor de voltaje, por tanto $V_c = V_d$.



LCK en nodo a V_e

$$(3)\quad \frac{(V_2u(t) - V_e)}{R_4} + \frac{(V_c - V_e)}{R_3} = 0$$

$$\frac{2u(t) - V_e}{\cancel{2\cdot 10^4}} + \frac{V_c - V_e}{\cancel{2\cdot 10^4}} = 0$$



En OPAMP U3 como no fluye corriente en su terminal negativa R5 se puede ignorar y $V_e = V_{out}$. Reemplazando esto en (3)

$$(3') \quad V_2 u(t) + V_c - 2V_{out} = 0$$

Retomando (1):

$$\frac{V_1 u(t) - V_a}{R_1} = C\frac{dV_c}{dt}$$

Pero $V_c = V_a - \cancel{V_b}^{\,0}$, por tanto

$$\frac{V_1 u(t) - V_a}{R_1 C} = \frac{dV_a}{dt}$$

/ EDO, resuélvanla como quieran

Resolviendo con Laplace:

$V_{cond}(0^-)$ ya que $V_c = V_a$

$$\frac{V_1}{sR_1C} - \frac{V_a(s)}{R_1C} = sV_a(s) - V_a(0^-)$$

$$V_a(s)\left(\frac{1}{R_1C} + s\right) = \frac{V_1}{sR_1C} + V_{cond}(0^-)$$

$$V_a(s) = \underbrace{\frac{1}{s+\frac{1}{R_1C}}\,\frac{V_1}{sR_1C}}_{*} + \frac{1}{s+1/R_1C}\,V_{cond}(0^-)$$

$$* \quad \frac{V_1\cancel{R_1C}}{\cancel{R_1C}}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s+\frac{1}{R_1C}}\right)$$

$$= V_1\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s+\frac{1}{R_1C}}\right) + V_{con}(0^-)\frac{1}{s+\frac{1}{R_1C}}$$

$$* \quad \frac{1}{s+\frac{1}{R_1C}}\cdot\frac{1}{s} = \frac{A}{s+1/R_1C} + \frac{B}{s} = \frac{As + Bs + \frac{B}{R_1C}}{s(s+1/R_1C)}$$

$1 =$

$\Rightarrow A = -B \wedge B = R_1C$

Antitransformando (recordando que $\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s}\right] = u(t) \wedge \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s+a}\right] = e^{-at}$)

$$\boxed{V_a(t) = V_1\left(u(t) - e^{-t/R_1C}\right) + V_{con}(0^-)\,e^{-t/R_1C}}$$

$$= 10u(t) - 10e^{-10^3 t} + 5e^{-10^3 t}$$

Reemplazando esto en (2)

$$C\frac{dv_{cond}}{dt} = \frac{V_1 u(t) - V_a}{R_1} = -\frac{V_c}{R_2}$$

$$V_c = \frac{\cancel{R_2}}{\cancel{R_1}}\left(V_a - V_1 u(t)\right) \quad / \; R_1 = R_2 = 10^4 [\Omega]$$

$$= \cancel{10u(t)} - 10e^{-10^3 t} + 5e^{-10^3 t} \cancel{- 10u(t)}$$

Reemplazando en (3)

$$V_2 u(t) + V_c - 2V_{out} = 0$$

$$\Rightarrow 2u(t) - 10e^{-10^3 t} + 5e^{-10^3 t} = 2V_{out}$$

$$\Rightarrow V_{out} = \underbrace{u(t)}_{\text{régimen permanente}} - \underbrace{5^{-10^3 t}}_{RESC(t)} + \underbrace{2.5e^{-10^3 t}}_{RENC(t)}$$

Y el tiempo característico es $\tau = R_1 C = 10^{-1}[s] = 100[ms]$
La red alcanza regimen permanente para $t \approx 5\tau$ y su valor es $V_{out}(\infty) = 1[V]$