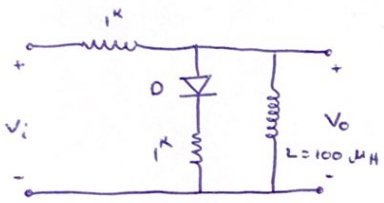
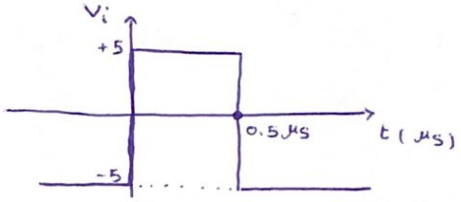
بالطبع

تمرین سری 2 تکنیک پالس

① در مدار روبه رو، شکل موج خروجی را به ازای پالس ورودی بدست آورید. نتایج بدست آمده را با شبیه سازی در اسپایس مقایسه کنید؟





یادآوری: خازن: مدار باز: در ∞ ، اتصال کوتاه: در 0^+ ؛ سلف: اتصال کوتاه: در ∞ ، مدار باز: در 0^+

* در خازن → ولتاژ پیوسته است → یعنی $V_c(0^+) = V_c(0^-)$
* در سلف → جریان پیوسته است → یعنی $I_L(0^+) = I_L(0^-)$

$$V_o(t) = V_o(\infty) + \left[V_o(0^+) - V_o(\infty)\right] e^{\frac{-t}{\tau}}$$

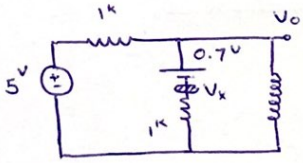
I) for $t<0$: Diod is ON / Diod is off ✓✓

$\hookrightarrow I_L(\infty) = I_L(0^-) = I_L(0^+)$

چون مدار برای مدت طولانی در این وضعیت بوده، سلف اتصال کوتاه شده است.

KVL: $+5^V + 1^K I_L(0^-) = 0 \Rightarrow I_L(0^-) = I_L(0^+) = -5^{mA}$

II) for $t>0$: Diod is ON ✓✓ / Diod is off



* $V_o - V_x = 0.7$

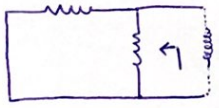
KCL @ V_o: $\frac{V_o - 5}{1^K} + i_L(0^+) + \frac{V_x - 0}{1^K} = 0$

$V_o - 5 + V_o - 0.7 + i_L(0^+) = 0$

$2V_o = 5.7 - i_L(0^+) \xrightarrow{i_L(0^+) = -5} V_o = 5.35$

$(V_o - V_x \geq V_{D,ON})$ درست است diod پس فرض روشن بودن ⟸

$$\tau = \frac{L}{R_{TH}}$$:



$R_{TH} = 1^K \| 1^K = 0.5^K$

$\tau = \frac{100^\mu}{0.5^K} = 0.2^{\mu s}$

چون سلف در ∞ اتصال کوتاه می شود

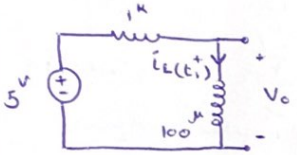
$\Rightarrow V_o(t) = 0 + \left[5.35 - 0\right] e^{\frac{-t_1}{0.2\mu s}} = 5.35\, e^{\frac{-t_1}{0.2\mu s}}$

این رابطه تا زمانی برقرار است که دیود روشن باشد، یعنی ($V_o \geq 0.7$)

$$\text{if } V_o = 0.7 \Rightarrow 0.7 = 5.35\, e^{-t_1/0.2^{\mu s}} \Rightarrow \boxed{t_1 = 0.4^{\mu s}}$$

یعنی از لحظه $t=0$ تا $t_1 = 0.4^{\mu s}$ دیود روشن است و ثابت زمانی مدار $\tau = 0.2^{\mu s}$ است.

از لحظه $t_1 = 0.41^{\mu s}$ تا $t_2 = PW = 0.5^{\mu s}$ دیود خاموش است. و مدار زیر را داریم (با ثابت زمانی متفاوت)



$$KVL: -5^V + 1^K\left(i_L(t_1^-)\right) + V_o(t_1^-) = 0 \xrightarrow{V_o(t_1^-) = 0.7^V}$$

$$i_L(t_1^-) = i_L(t_1^+) = \frac{5 - V_o(t_1^-)}{1^K} = \boxed{4.3^{mA}}$$

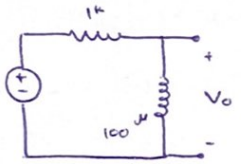
$$V_o(t) = V_o(\infty) + \left[V_o(t_1) - V_o(\infty)\right] e^{-\frac{(t-t_1)}{\tau'}} = 0 + \left[0.7 - 0\right] e^{-\frac{(t-0.41)}{\tau'}} = 0.7\, e^{-\frac{(t-0.41)}{0.1^{\mu s}}}$$

$$\tau' = \frac{100^{\mu H}}{1^K} = \boxed{0.1^{\mu s}}$$

$$V_o(t = 0.5^-_{\mu s}) = 0.7\, e^{-\frac{(0.5-0.41)}{0.1}} = 0.28\, V \quad , \quad i_L(t = 0.5^-_{\mu s}) = \frac{5 - V_o(t=0.5^-_{\mu s})}{1^K} = \frac{5-0.28}{1} = 4.72^{mA}$$

$$\Rightarrow \boxed{i_L(t = 0.5^-_{\mu s}) = i_L(t = 0.5^+_{\mu s}) = 4.72^{mA}}$$

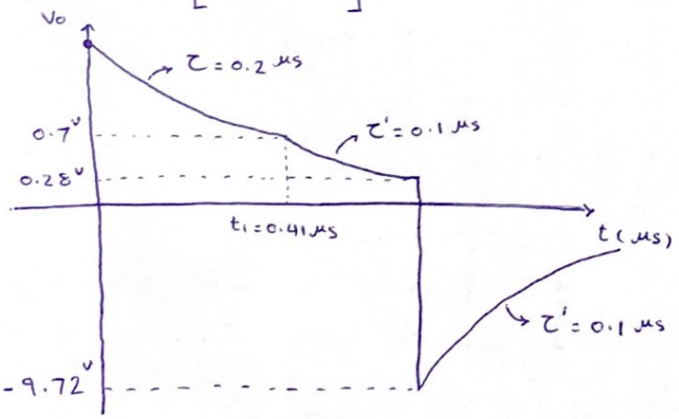
for $t \geq 0.5^{\mu s}$:



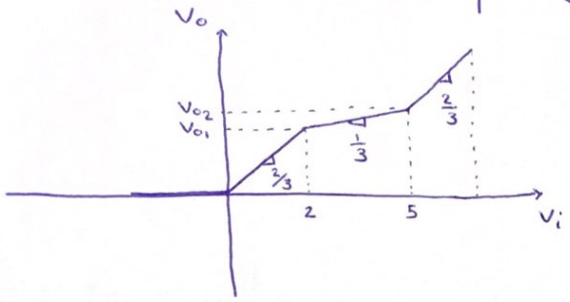
$$V_o(t = 0.5^-_{\mu s}) = -5 + 1^K \cdot i_L(t = 0.5^-_{\mu s})$$

$$V_o(t = 0.5^+_{\mu s}) = -5 - 4.72^{mA}(1^K) = \boxed{-9.72^V}$$

$$V_o(t) = 0 + \left[-9.72 - 0\right] e^{-\frac{(t-0.5)}{\tau'}} = -9.72\, e^{-\frac{(t-0.5)}{0.1^{\mu s}}}$$



(2) یک مدار دیودی طراحی کنید که مشخصه ورودی - خروجی آن به فرم زیر باشد.

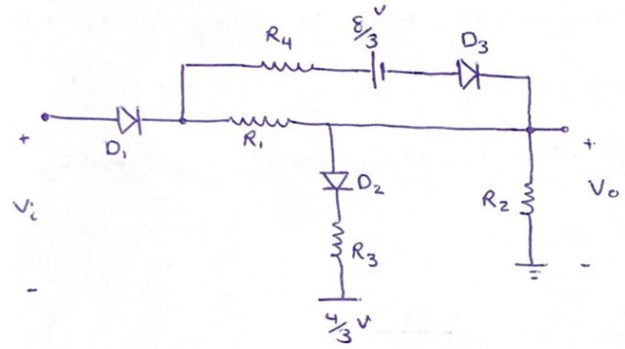


$$V_{o1}: \begin{cases} V_{i,1}: (0,0) \\ V_{i,2}: (2, V_{o1}) \end{cases} \Rightarrow m = \frac{\Delta y}{\Delta x} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{V_{o1}-0}{2-0}$$

$$\Rightarrow V_{o1} = \frac{4}{3} \simeq 1.3^{V}$$

$$V_{o2}: \begin{cases} V_{i,1}: (2, 4/3) \\ V_{i,2}: (5, V_{o2}) \end{cases} \Rightarrow m = \frac{\Delta y}{\Delta x} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{V_{o2}-4/3}{5-2}$$

$$\Rightarrow V_{o2} = \frac{7}{3} \simeq 2.3^{V}$$



for $V_i < 0 \longrightarrow D_1$: off $\longrightarrow V_o = 0^{V}$

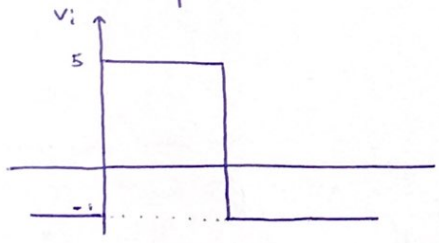
for $0 < V_i < 2 \longrightarrow 0 < V_o < \frac{4}{3} \longrightarrow m = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \xrightarrow{R_1 = 1^{k\Omega}} R_2 = 2^{k\Omega}$

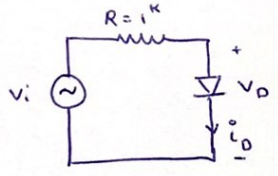
for $2 < V_i < 5 \longrightarrow \frac{4}{3} < V_o < \frac{7}{3} \longrightarrow m = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{R_3 \| R_2}{R_1 + (R_2 \| R_3)} \longrightarrow R_3 = \frac{2}{3}^{k\Omega}$

for $5 < V_i < 10 \longrightarrow \frac{7}{3} < V_o < \infty \longrightarrow m = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{R_2 \| R_3}{(R_2 \| R_3) + (R_1 \| R_4)} \longrightarrow R_4 = \frac{1}{3}^{k\Omega}$

---

(3) در مدار دیودی روبه رو، زمان معکوس ولتاژ دو سر دیود، هنگام روشن شدن و زمان ذخیره هنگام خاموش شدن دیود را بدست آورید.





$\tau_F = 15^{ns}$

در هنگام روشن شدن دیود، بار حامل های اقلیت در ناحیه پیوند برابرست با:

$$Q(t) = \tau_F I_F \left(1 - e^{\frac{-t}{\tau_F}}\right)$$

$$Q(t) = 15^{ns} \times \frac{5-0.7}{1^{k}} \cdot \left(1 - e^{\frac{-t}{15^{ns}}}\right)$$

محاسبه بدست زمانی که بار از 10% تا 90% مقدار نهایی طی می کند:

$$0.1\,\tau_F I_F = \tau_F I_F \left(1 - e^{\frac{-t_1}{\tau_F}}\right) \quad (I)$$

$$0.9\,\tau_F I_F = \tau_F I_F \left(1 - e^{\frac{-t_2}{\tau_F}}\right) \quad (II)$$

$$\longrightarrow \quad (II) \div (I) \;:\; 9 = e^{\frac{t_2 - t_1}{\tau_F}}$$

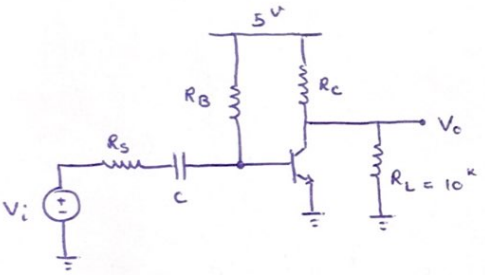
$$\Rightarrow t_r = t_2 - t_1 = \tau_F \ln(9) \simeq 2.2\,\tau_F = 2.2\,(15^{ns}) = 33^{ns}$$

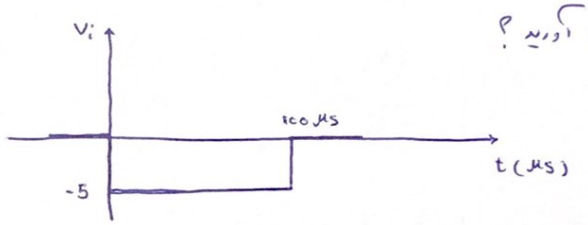
- جریان معکوس : $I_R = \frac{-1-0.7}{1^K} = -1.7^{mA}$
- جریان مستقیم : $I_F = \frac{5-0.7}{1^K} = 4.3^{mA}$

$$\tau_S = \tau_F \ln\left(\frac{I_R - I_F}{I_R}\right) = 15^n \times \ln\left(\frac{-1.7-4.3}{-1.7}\right) = 15^n \times \ln\left(\frac{-6}{-1.7}\right) = 15^n \cdot \ln(3.52) = 18.87^{ns}$$

---

④ در سوئیچ تبدیل ولتاژ به ولتاژ a) مقادیر مناسب R_C ، R_B برای بایاس کردن ترانزیستور در حالت اشباع چقدر است. b) اگر مقاومت منبع ورودی $R_S = 1^{K\Omega}$ باشد، ظرفیت مناسب برای خازن C جهت معادل ولتاژ بین دو سر خازن را c) $100\,\mu s$ چقدر می باشد؟ خاموش کردن ترانزیستور، برای مدت بدست آورید؟





$V_{CE,sat} = 0.2$, $V_{BE,ON} = 0.7$, $100 < \beta < 150$

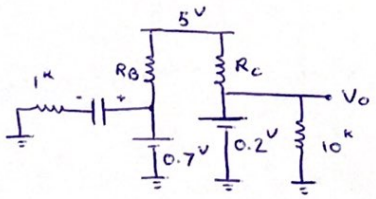
در حالت قطع بودن سوئیچ باید اثر بار گذاری در خروجی کم باشد : $R_C \ll R_L \Rightarrow R_C = 0.1\,R_L = 0.1\,(10^K) = \boxed{1^K}$

در مرز اشباع : $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE,sat}}{R_C} - \frac{V_{CE,sat}}{R_L} = \frac{5-0.2}{0.1^K} - \frac{0.2}{10^K} = 4.78^{mA}$

شرط اشباع : $I_B > \frac{I_C}{\beta_{min}}$; $I_B = \frac{4.78^{mA}}{100} = 0.0478^{mA} = 47.8^{\mu A}$

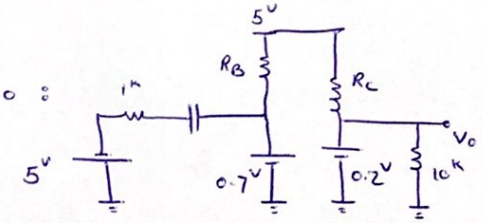
$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE,ON}}{I_B} = \frac{5-0.7}{0.0478} = 89.95 \xrightarrow{\text{استاندارد}} R_B = 82^K$ مقاومت را کوچکتر انتخاب می کنیم تا مطمئن باشیم ترانزیستور به اشباع می رود.

b) ظرفیت خازن در هنگام وصل سوئیچ :

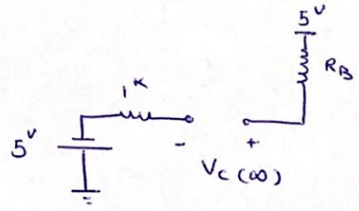


$V_c(0^-) = V_c(0^+) = 0.7^V$

for $t > 0$:



$\Rightarrow$ In ∞



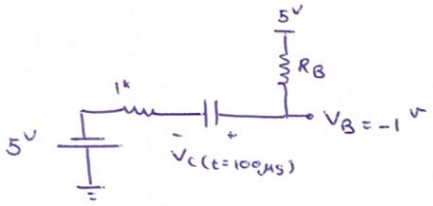
KVL : $-5^{V} + R_B \cancel{I_B}^{\,0} + V_c(\infty) - 5 = 0 \Rightarrow V_c(\infty) = 10^{V}$

$$V_c(t) = V_c(\infty) + \left[V_c(0^+) - V_c(\infty)\right] e^{\frac{-t}{\tau}} = 10 - \left[0.7 - 10\right] e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$\tau = R_{TH} \cdot C = (1^{k} + R_B) \cdot C = 83^{k} \cdot C \Rightarrow V_c(t) = 10 - 9.3\, e^{\frac{-t}{\tau}}$$

در $0 < t < 100^{\mu s}$ سوئیچ قطع است. چون می‌خواهیم تا $100^{\mu s}$ ترانزیستور (سوئیچ) خاموش بماند:

$V_B(t = 100^{-}_{\mu s}) = -1$ ← انتخاب می‌کنیم (یا هر ولتاژ منفی دیگری)



KVL : $-5 + R_B I_B + V_c(t=100^{-}_{\mu s}) + 1^{k} I_B - 5 = 0$

$$V_c(t=100^{-}_{\mu s}) = 10 - (R_B + 1^{k}) I_B \xrightarrow{I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_B}}$$

$$V_c(t=100^{-}_{\mu s}) = 10 - (82^{k} + 1^{k}) \times \frac{5 + 1}{82^{k}} \approx \boxed{3.92^{V}}$$

$$\Rightarrow V_c(t) = 10 - 9.3\, e^{\frac{-t}{\tau}} \xrightarrow{V_c(t=100^{-}_{\mu s}) = 3.92} 3.92 = 10 - 9.3\, e^{\frac{-100^{\mu s}}{83^{k} \times C}}$$

$$\Rightarrow 9.3\, e^{\frac{-100^{\mu s}}{83^{k} \times C}} = 6.08 \xrightarrow{\ln} \ln\left(9.3\, e^{\frac{-100^{\mu s}}{83^{k} \times C}}\right) = \ln(6.08)$$

$$\Rightarrow \ln(9.3) + \frac{-100^{\mu s}}{83^{k} \times C} = \ln(6.08) \Rightarrow \frac{100^{\mu s}}{83^{k} \times C} = \underbrace{\ln(9.3) - \ln(6.08)}_{= \ln\left(\frac{9.3}{6.8}\right) \approx 1.36}$$

$$\Rightarrow \frac{100^{\mu s}}{83^{k} \times C} = 1.36 \Rightarrow C = \frac{100^{\mu s}}{83^{k} \times 1.36} \approx 3.84^{nF} \xrightarrow[\text{استاندارد}]{} \boxed{C = 3.9^{nF}}$$

ج) $\begin{cases} V_{BE}(t_0) = ? \\ i_c(t_0) = ? \end{cases}$

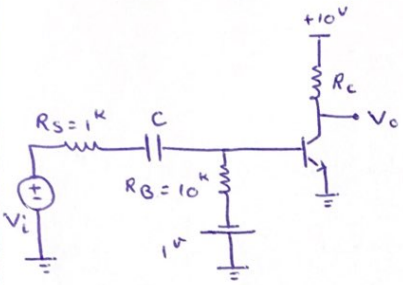
$$V_{BE}(t_0^+) = V_c(t_0^+) - V_{in} \xrightarrow[\text{هم تغییر نمی‌کند } V_c(t_0^+)]{V_{in} = 5^{V}}$$

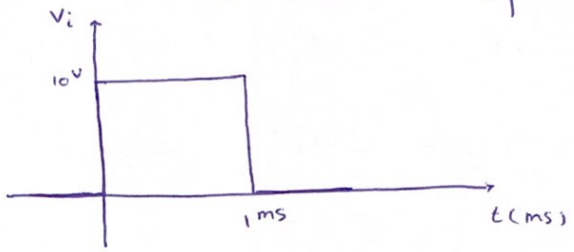
$$V_{BE}(t=100^{-}_{\mu s}) = 10 - 9.3\, e^{\frac{-t}{\tau}} - 5 = \boxed{5 - 9.3\, e^{\frac{-t}{\tau}}}$$

$$i_c(t_0) = C \frac{dV_c(t_0)}{dt} \xrightarrow{C = 3.9^{nF}} 3.9^{nF} \times \frac{d}{dt}\left[10 - 9.3\, e^{\frac{-t}{\tau}}\right] = 3.9^{nF} \times \left[\cancel{\frac{d(10)}{dt}}^{\,0} - 9.3 \frac{d}{dt}\left[e^{\frac{-t}{\tau}}\right]\right]$$

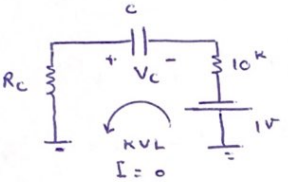
$$= 3.9^{nF} \cdot (-9.3) \cdot \left[\frac{-1}{\tau} e^{\frac{-t}{\tau}}\right] = \frac{36.27}{\tau} e^{\frac{-t}{\tau}} \xrightarrow[= 323.7^{\mu s}]{\tau = 3.9^{n} \times 83^{k}} \boxed{i_c(t) = 0.11\, e^{\frac{-t}{323.7^{\mu s}}}}$$

(5) در سوئیچ ترانزیستوری قطع و به رو مقادیر مناسب برای مقاومت R_C و خازن C چقدر است تا سوئیچ در محدوده $0 < t < 1^{ms}$ به اشباع برود و در لحظات دیگر خاموش بماند. شکل ولتاژ بیس، کلکتور و جریان خازن را رسم کنید. $(100 < \beta < 150)$



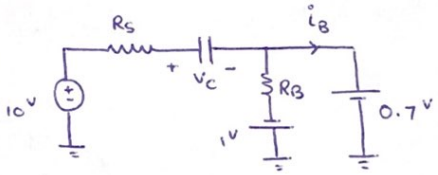


I) for $t < 0$:



$$V_C(0^-) = V_C(0^+) = 1^V$$

II) for $0 < t < 1^{ms}$:



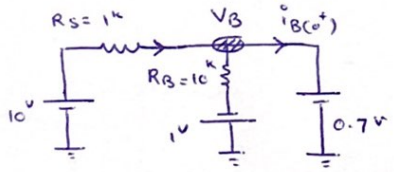
شرط اشباع (پایان زمان وصل) : $I_{B(t=1^{ms})} \geq \frac{I_C}{\beta_{min}}$ ⟶ انتخاب : $R_C = 1^K$ ⟶ $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE,sat}}{R_C}$

$$\Rightarrow I_C = \frac{10 - 0.2}{1^K} = 9.8^{mA}$$

$$I_{B(t=1^{ms})} \geq \frac{9.8^{mA}}{100} = 0.098^{mA} = 98^{\mu A}$$

محاسبه خازن : $i_B(t) = i_B(\infty) + \left[i_B(0^+) - i_B(\infty) \right] e^{\frac{-t}{\tau}}$ (چون پولاریته مثبت خازن در سمت چپ است)

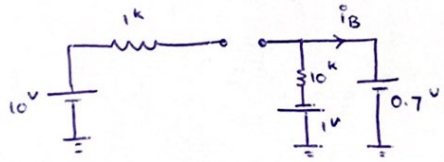
in $t = 0^+$:



KCL @ V_B : $\frac{V_B + 1}{10^K} + \frac{-V_B + 10^V}{1^K} + i_B = 0 \xrightarrow{V_B = 0.7}$

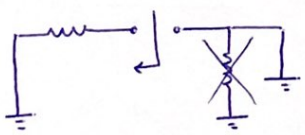
$$i_B(0^+) = 8.\overline{3}^{mA}$$

in $t = \infty$:



KCL : $\frac{0.7 + 1}{10^K} = -0.17^{mA}$

$\tau = R_{TH} \cdot C$:



$R_{TH} = R_S = 1^K$

$\tau = C \cdot R_S = 1^K \times C$

$$i_B(t) = -0.17^{mA} + \left[8.\overline{3}^{mA} + 0.17^{mA} \right] e^{\frac{-t}{1^K \times C}} = -0.17 + 8.\overline{3}\, e^{\frac{-t}{1^K \times C}}$$

$$i_B(t=1^{ms}) = -0.17 + 8.47\,e^{\frac{-1^{ms}}{1^{K}\times C}} \geq \frac{I_C}{\beta_{min}} = \frac{9.8^{mA}}{100} = 98^{\mu A}$$

$$\Rightarrow 8.47\,e^{\frac{-1^{ms}}{1^{K}\times C}} \geq 98.17 \xrightarrow{\ln} \ln(8.47) - \frac{1^{ms}}{1^{K}\times C} \geq \ln(98.17)$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{8.47}{98.17}\right) \geq \frac{1^{ms}}{1^{K}\times C} \Rightarrow C \geq \frac{1^{m}}{1^{K}\times \ln\left(\frac{8.47}{98.17}\right)}$$