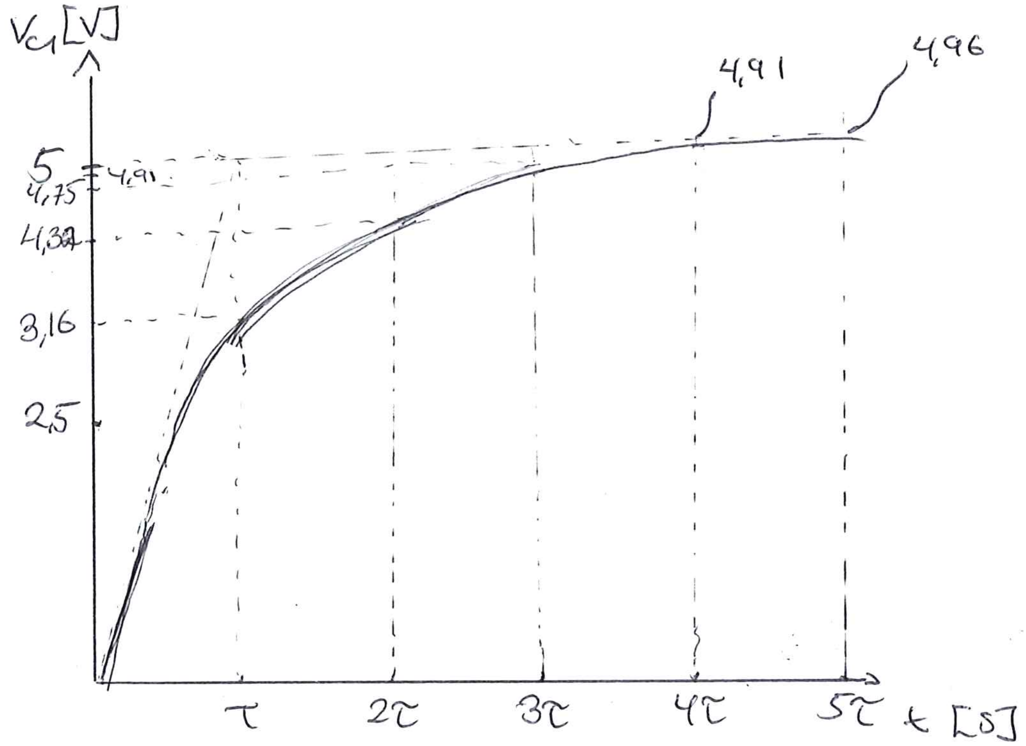
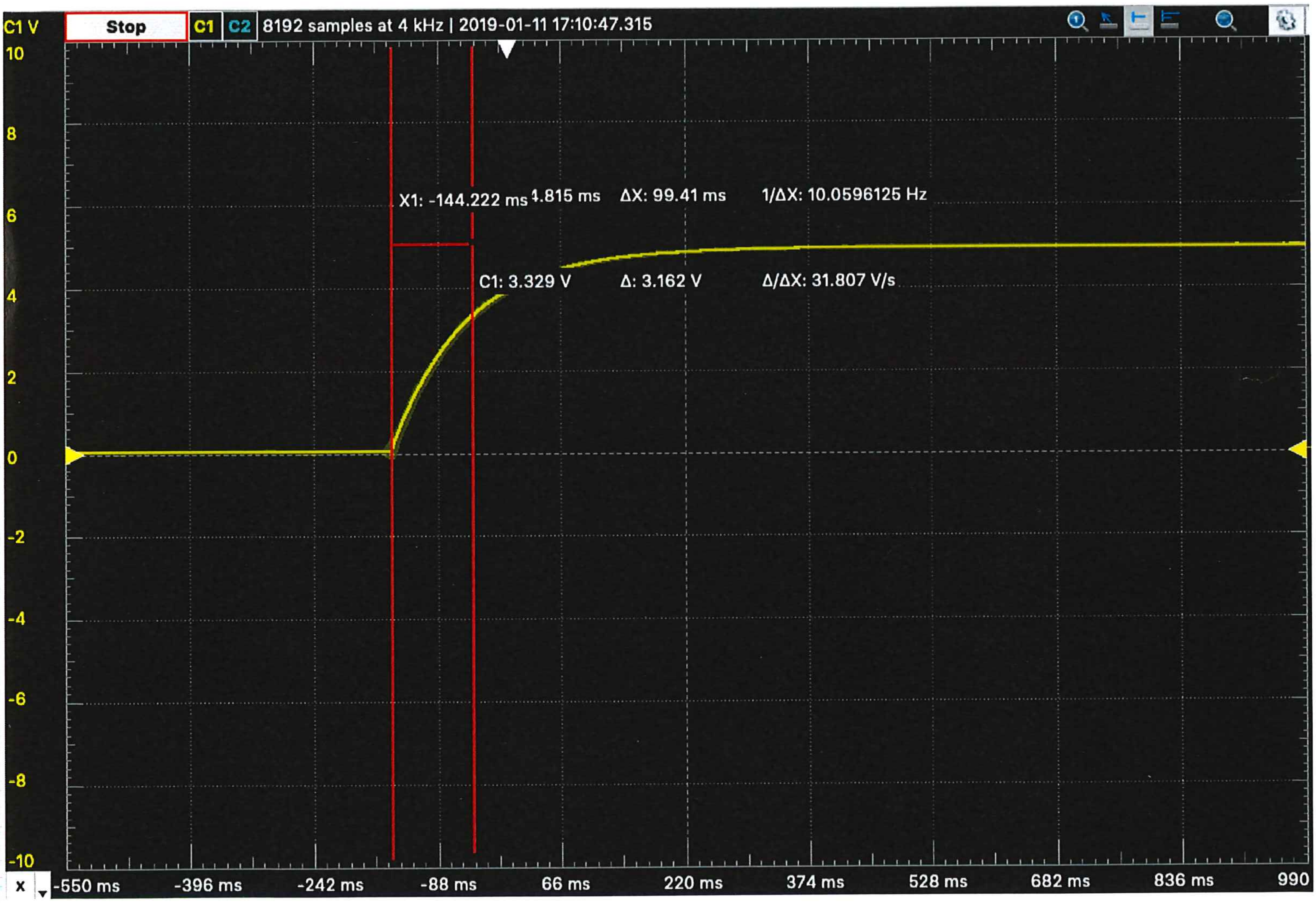
1 a) LF Øving 1 ESDA I

$$\tau = RC_1 = 1\,k\Omega \cdot 100\,\mu F$$
$$= 100\,ms$$

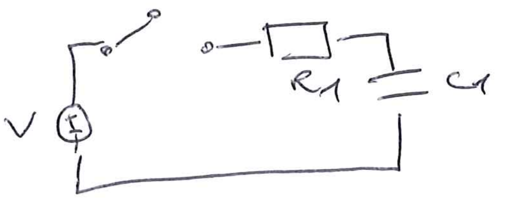
$$V_{C_1}(t) = V(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$
$$= 5V(1 - e^{-\frac{t}{100\,ms}})$$



b)

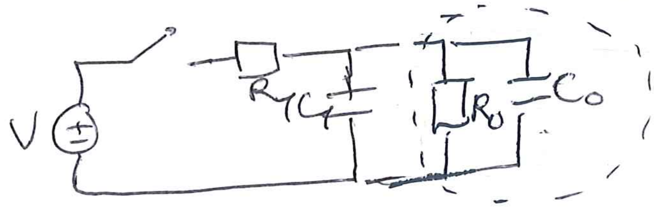

C1 V
Stop
C1
C2
8192 samples at 4 kHz | 2019-01-11 17:10:47.315
X1: -144.222 ms
1.815 ms
ΔX: 99.41 ms
1/ΔX: 10.0596125 Hz
C1: 3.329 V
Δ: 3.162 V
Δ/ΔX: 31.807 V/s
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
X
-550 ms
-396 ms
-242 ms
-88 ms
66 ms
220 ms
374 ms
528 ms
682 ms
836 ms
990

c) Når bryteren er åpnet igjen har vi i utgangspunktet denne kretsen:

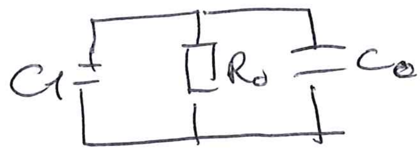


Her vil det ikke gå noen strøm siden kretsen er åpen og kondensatoren vil aldri lade seg ut.

Men! Vi har jo et måleapparat påkoblet som vi ikke har tegnet inn. Ekvivalentkretsen til et slik oscilloscop er en motstand og en kondensator i parallell



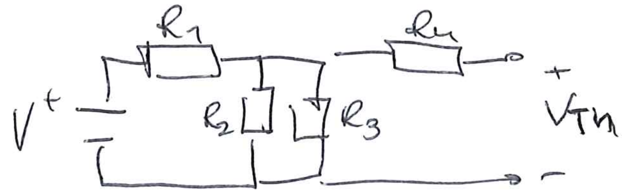
Motstanden; R_0, er "stor" og kapasitansen, C_0, er liten. Vi står da igjen med:



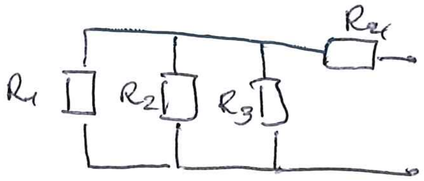
To kondensatorer i parallell gir en total kapasitans på $C = C_1 + C_0$. Siden C_0 er liten vil den gi liten innvirkning på kretsen, så vi ser bort fra den.

R_0 er stor, større enn R_1, derfor vil $\tau = R_0 C_1$ bli større enn under oppladningen.

(2) Finner Théveninekvivalenten til kretsen under



Kortslutter spenningskilden for å finne Théveninekvivalenten



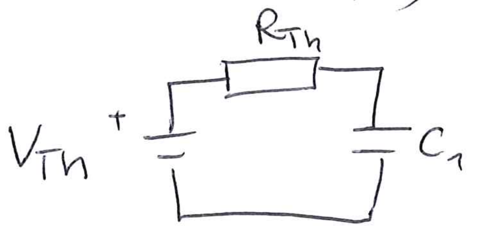
$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 + R_4$$

$$= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1} + R_4$$

$$= 85{,}67\,\Omega + 300\,\Omega = 385{,}67\,\Omega$$

$$V_{Th} = \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3} \cdot V$$

$$= \frac{149{,}86\,\Omega}{(200 + 149{,}86)\,\Omega} \cdot V = 0{,}428 \cdot 5V = 2{,}14V$$



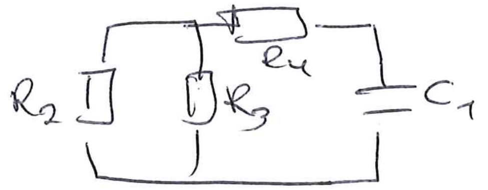
Siden bryteren var lukket før $t=0$ så er kondensatoren ladet opp og fungerer som en brutt krets. DVS at hele spenningen V_{Th} ligger over kondensatoren, C_1.

Da må vi bruke uttrykket

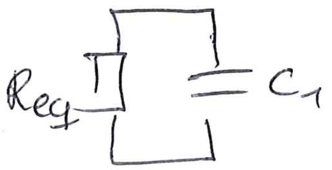
$$V_C(t) = V_{Th}\, e^{-\frac{t}{\tau}}$$

(2) Forts.

Etter bryteren åpnes ser kretsen slik ut:



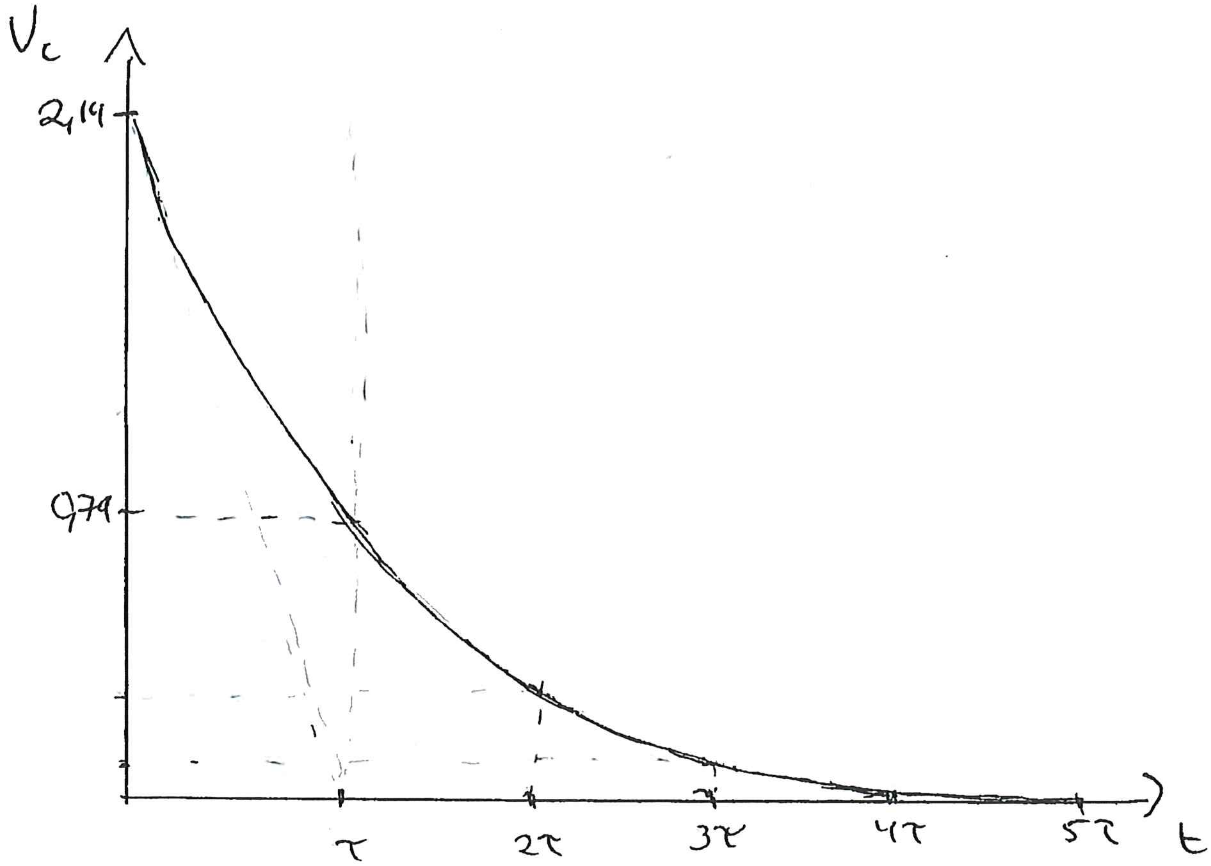
$\Downarrow$



$R_{eq} = R_2 \| R_3 + R_4 = 450\,\Omega$

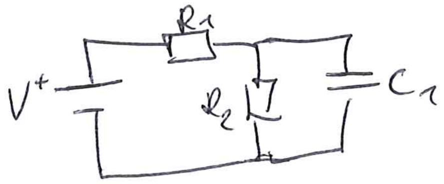
Vi får $\tau = 4{,}5\,\mu s$

$V_c(t) = 2{,}14\,V\, e^{-\frac{t}{4{,}5\,\mu s}}$



V_c
2,14
0,79
τ
2τ
3τ
4τ
5τ
t

③ a) Når S_2 fortsatt er åpen har vi kretsen under



Finner Théveninekvivalenten

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 0{,}5\,k\Omega$$

$$V_{Th} = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0{,}5\,V$$

Ved $t=0$ er $V_c = 0$

$\Downarrow$

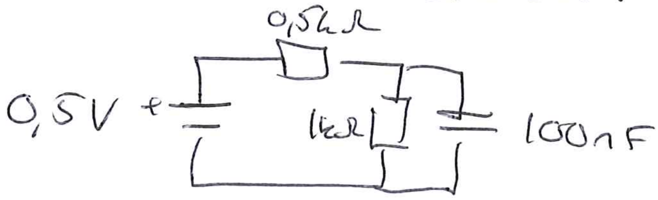
$$V_C(t) = V_{Th}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right)$$

$$\tau_1 = R_{Th} \cdot C_1 = 0{,}5\,k\Omega \cdot 100\,\mu F = 5\,ms$$

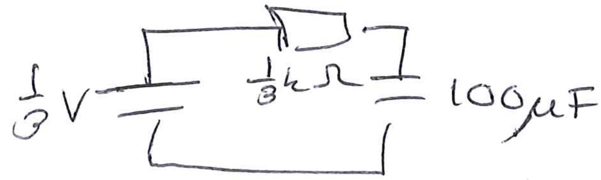
$$V_C(t) = 0{,}5\,V\left(1 - e^{-\frac{t}{50\,ms}}\right)$$

b) S_2 lukkes ved $t_1 = 6\tau$ $\Rightarrow$ "lang" tid
og $V_c(t_1) \approx 0{,}5V$

Vi har nå kretsen



$$R_{Th} = 0{,}5k\Omega \,\|\, 1k\Omega = \frac{1}{3}k\Omega$$
$$V_{Th} = 0{,}5V \cdot \frac{1}{1{,}5} = \frac{1}{3}V$$

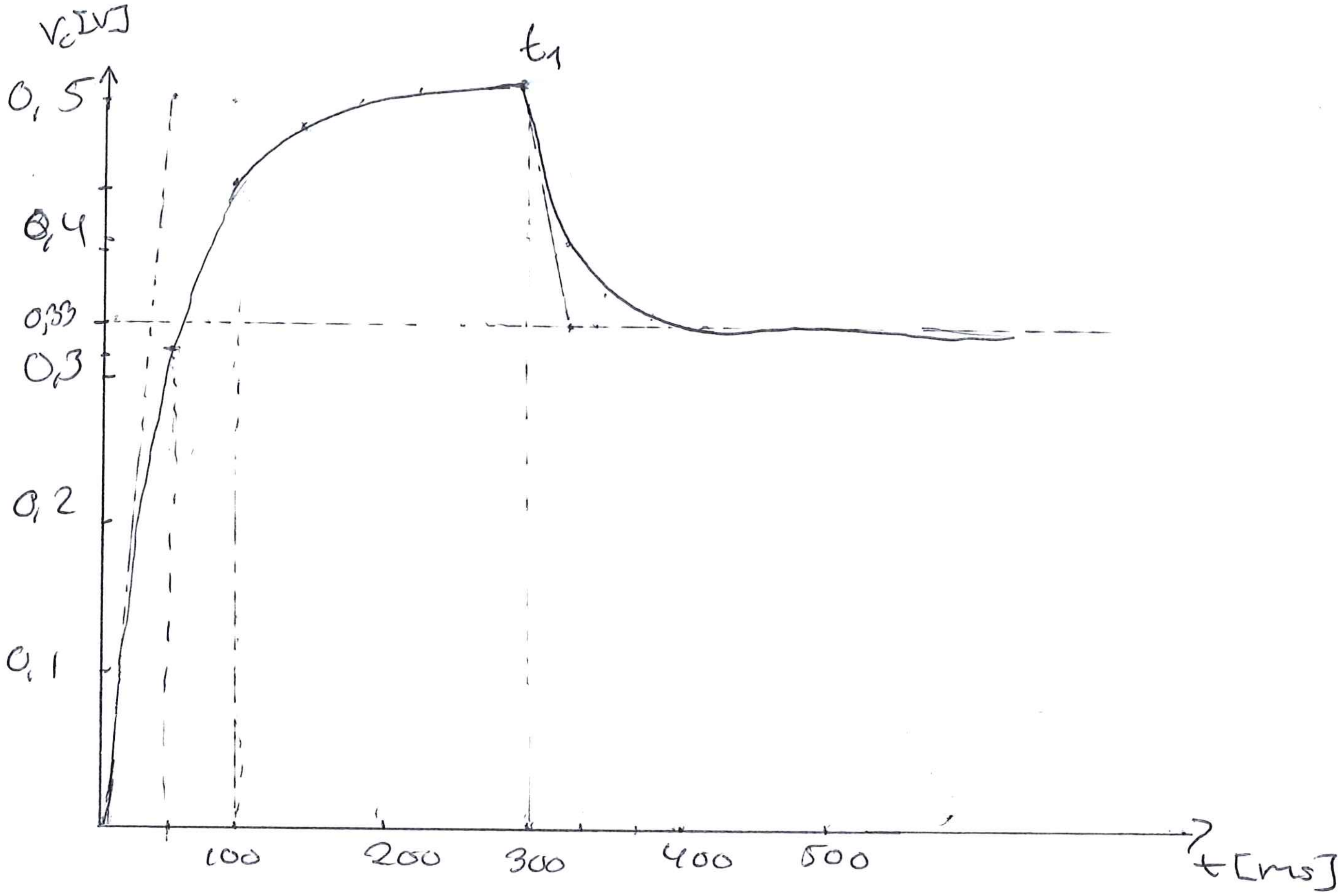


$V_c(\infty) = \frac{1}{3}V$ $\quad \tau_2 = 33{,}3ms$

Vi har alltid formen under i RC-kretser

$$V_c(t) = Ae^{-\frac{t-t_1}{\tau}} + B \qquad t_1 = 6\tau_1 \quad \tau = \tau_2$$
$$V_c(\infty) = Ae^{-\infty} + B = B = \frac{1}{3}V$$
$$V_c(t_1) = Ae^{-0} + \frac{1}{3}V = 0{,}5V \Rightarrow A = 0{,}5V - \frac{1}{3}V = \frac{1}{6}V$$
$$V_c(t) = \frac{1}{6}Ve^{-\frac{t-t_1}{\tau_2}} + \frac{1}{3}V$$

$$V_c(t) = \begin{cases} 0{,}5V\left(1 - e^{-\frac{t}{50ms}}\right) & 0 < t < 300ms \\ \frac{1}{6}Ve^{-\frac{t-300ms}{33{,}3ms}} + \frac{1}{3}V & 300ms < t < \infty \end{cases}$$



V_c[V]
0,5
0,4
0,33
0,3
0,2
0,1
t_1
100
200
300
400
500
t[ms]

c) Det meste blir som før nå er

$t_1 = 0{,}5\tau = 25ms$

$V_c(25ms) = 0{,}5V\left(1 - e^{-\frac{25ms}{50ms}}\right) = 0{,}20V$

$V_c(\infty) = \frac{1}{3}V$

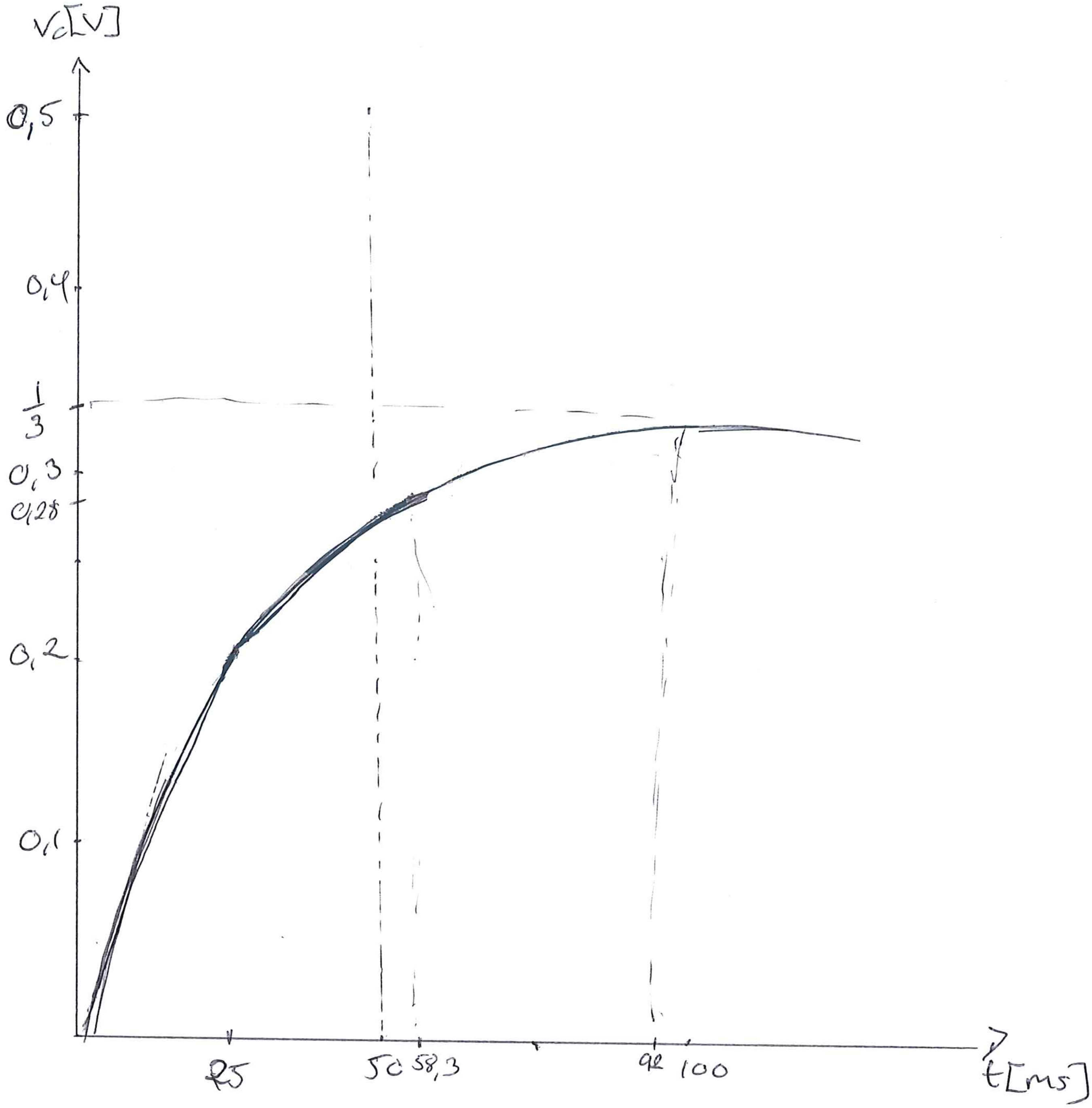
$V_c(t) = Ae^{-\frac{t-t_1}{\tau_2}} + B$

$V_c(\infty) = B = \frac{1}{3}V$

$V_c(t_1) = A + \frac{1}{3}V = 0{,}20V \Rightarrow A = -\frac{2}{15}V$

$V_c(t) = \frac{5}{15} - \frac{2}{15}e^{\frac{t-25ms}{33{,}3ms}} = \frac{1}{3}V\left(1 - \frac{2}{5}e^{-\frac{t-25ms}{33{,}3ms}}\right)$

$$V_c(t) = \begin{cases} 0{,}5V\left(1 - e^{-\frac{25ms}{50ms}}\right) & 0 < t < 25m \\ \frac{1}{3}V\left(1 - \frac{2}{5}e^{-\frac{t-25ms}{33{,}3ms}}\right) & 25ms < t < \infty \end{cases}$$

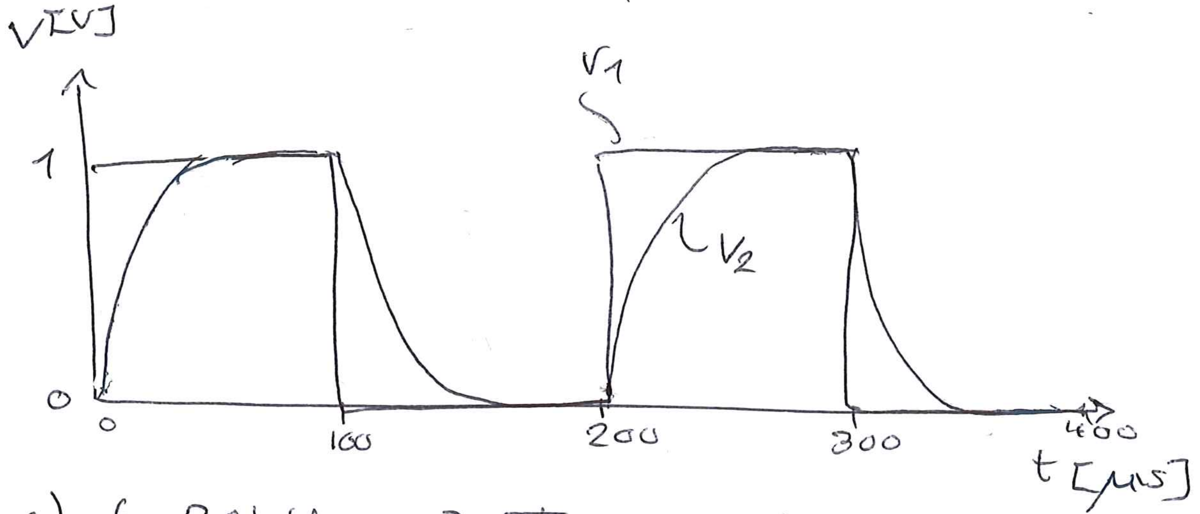

Vc[V]
0,5
0,4
1/3
0,3
0,28
0,2
0,1
25
50
58,3
92
100
t[ms]

(2) a) $\tau = 1k\Omega \cdot 10nF = 10\mu s$

b) $f = 5kHz \rightarrow T = 200\mu s$

Signalet er høyt $\frac{T}{2}$ og lavt
$\frac{T}{2}$ · $\frac{T}{2} = 100\mu s$ og høyere enn $5 \cdot \tau$.

Derfor blir kondensatoren ladet helt opp
og ut i hver periode



c) $f = 30kHz \Rightarrow T = 33,3\mu s$

$\frac{T}{2} = 16,7\mu s$

Nå rekker ikke kondensatoren å lade
seg helt opp.

$$0<t<16,7\mu s \begin{cases} V_c(t) = 1V\left(1 - e^{-\frac{t}{10\mu s}}\right) \\ V_c(16,7\mu s) = 0,81V \end{cases}$$

Nå vil kondensatoren lade seg ut:

$$16,7\mu s < t < 33,3\mu s \begin{cases} V_c(t) = 0,81V e^{-\frac{t - t_0}{10\mu s}} \\ V_c(33,3\mu s) = 0,15V \end{cases}$$

4c) forts.

Bruker $V_c(t) = V_s + (V_0 - V_s)e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$ ← starttidspunkt

V_s: signalet / $V_c(\infty)$

V_0: startspenningen til kondensatoren / $V_c(0)$

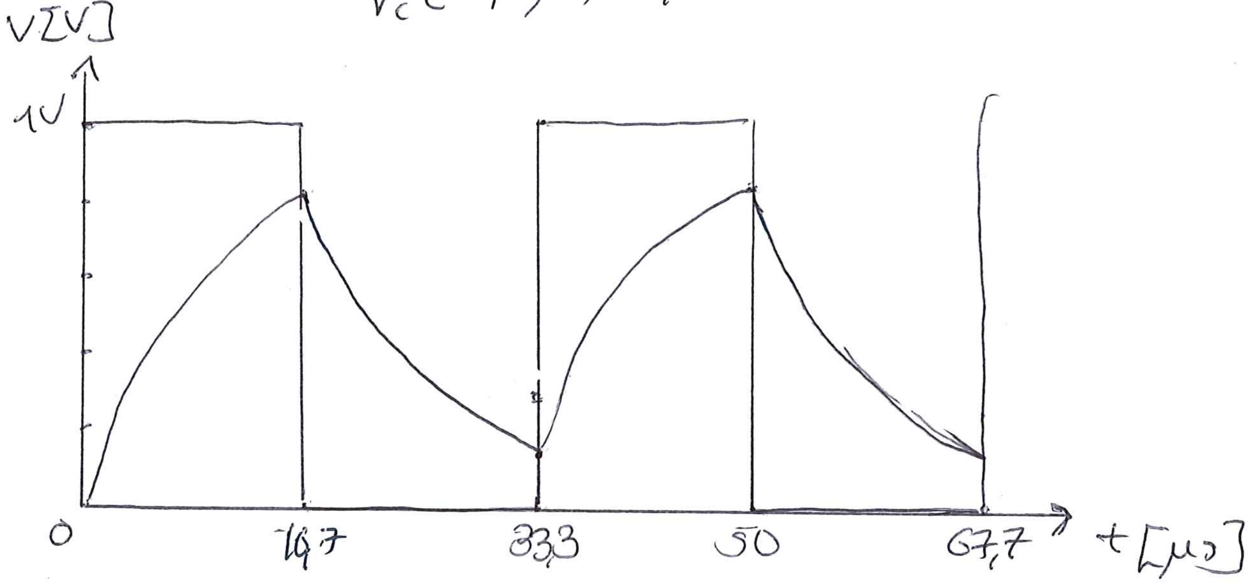
$33{,}3\mu s < t < 50\mu s$

$$\begin{cases} V_c(t) = 1V - 0{,}85V e^{-\frac{t-t_0}{10\mu s}} \\ V_c(50\mu s) = 0{,}84V \end{cases}$$

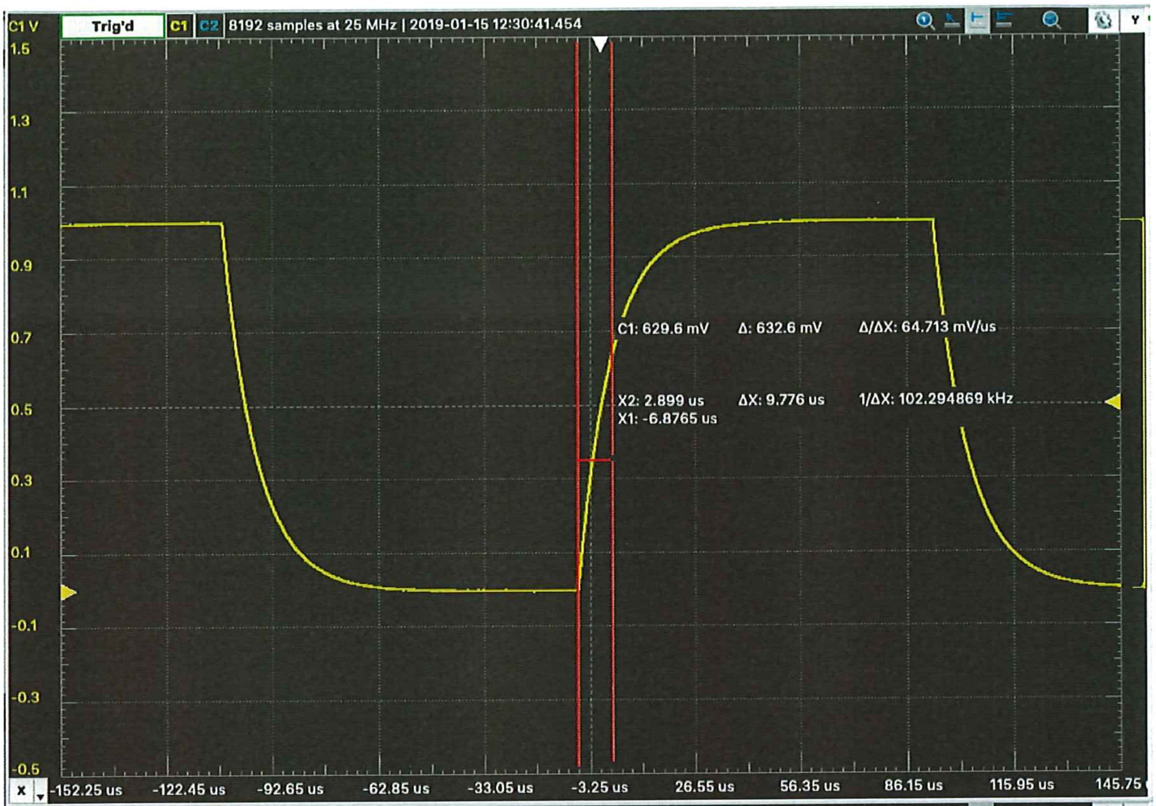
$50\mu s < t < 66{,}7\mu s$

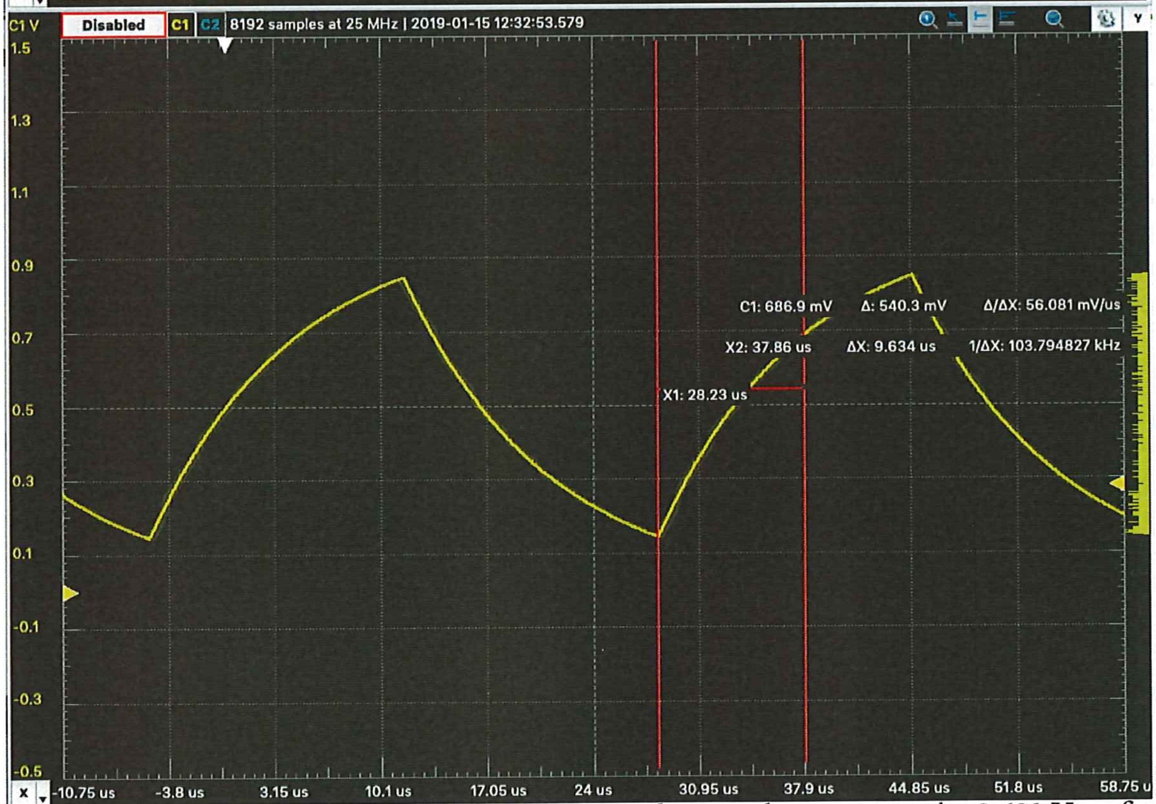
$$V_c(t) = 0{,}84\,V e^{-\frac{t-t_0}{10\mu s}}$$

$$V_c(66{,}7\mu s) = 0{,}16V$$



(Om vi regnet videre ville vi ha sett at kondensatorspenningen ville oscillert mellom omtrent 0,16 V og 0,84V) d)





5 kHz: Vi måler tiden kondensatoren bruker på å lade seg opp fra 0 V til omtrent $1\text{-}e^{-1} = 0{,}632$ V og finner 9,6 μs som stemmer godt med den teoretisk utregnede verdien på 10 μs.

30 kHz: Her ser vi at kurven er sentrert rundt 0,5 V. Ved å bruke $v_c(t) = V_s + (V_0 - V_s)\, e^{-t/\tau}$, der $v_c(t)$ er spenningen over kondensatoren som en funksjon av tid, V_s er spenningen til signalet, V_0 er startspenningen til kondensatoren, og τ er tidskonstanten, finner vi at ved $t = \tau$ er $v_c(\tau) = 0{,}686$ V. Ved å måle tidsforskjellen fra starten av oppladningen til spenningen er 0,686 V finner vi $\tau = 9.6$ μs, omtrent som forventet.

e) Vi vil at maks oppladning skal være 0,8 V. DVS oscillerer mellom 0,2 V og 0,8 V.

$f = 5\,kHz \Rightarrow T = 200\,\mu s$

$\frac{T}{2} = 100\,\mu s$

$V_c(100\,\mu s) = 0{,}8V \qquad V_c(0) = 0{,}2V$

$$V_c(t) = 1V + (0{,}2V - 1V)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$= 1V - 0{,}8V e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$\Downarrow$

$$0{,}8V = 1V - 0{,}8V e^{-\frac{100\mu s}{\tau}}$$

$$0{,}8V e^{-\frac{100\mu s}{\tau}} = 0{,}2V$$

$$e^{-\frac{100\mu s}{\tau}} = \frac{0{,}2}{0{,}8}$$

$$-\frac{100\mu s}{\tau} = \ln\frac{0{,}2}{0{,}8}$$

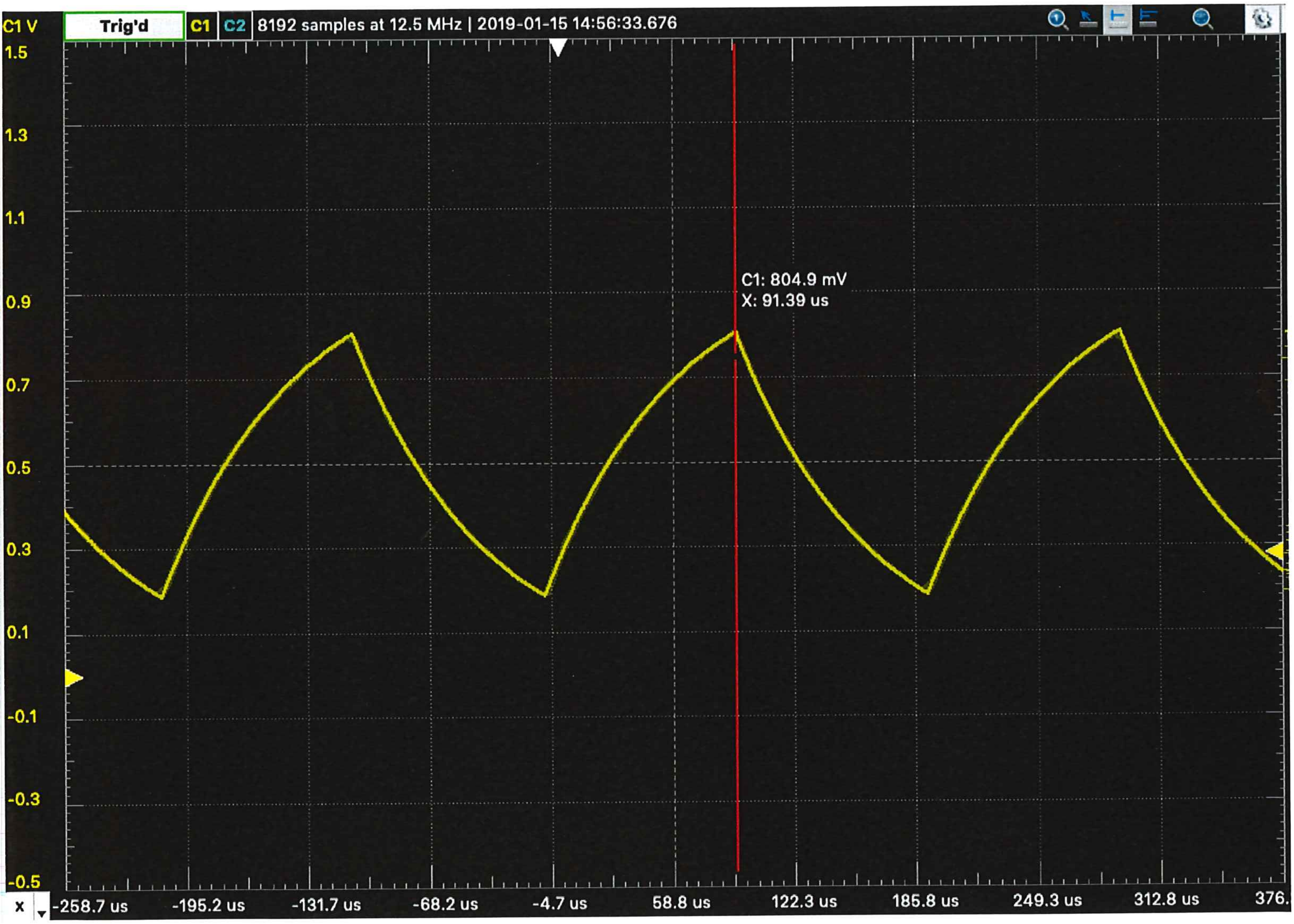
$$\tau = -\frac{100\mu s}{\ln\frac{0{,}2}{0{,}8}} \approx 72\,\mu s$$

Siden $\tau = RC$ har vi frihet i valg av verdier. Tar utgangspunkt i $R = 1k\Omega$ og finner $C = 72\,nF$..

Bruker standardverdien 68 nF.

Fra waveforms ser vi at kondensatoren lader seg opp til 0,805 V, ganske nære det vi ønsket.

e) for t_3



C1 V
Trig'd
C1
C2
8192 samples at 12.5 MHz | 2019-01-15 14:56:33.676
1.5
1.3
1.1
0.9
0.7
0.5
0.3
0.1
-0.1
-0.3
-0.5
C1: 804.9 mV
X: 91.39 us
X
-258.7 us
-195.2 us
-131.7 us
-68.2 us
-4.7 us
58.8 us
122.3 us
185.8 us
249.3 us
312.8 us
376.