

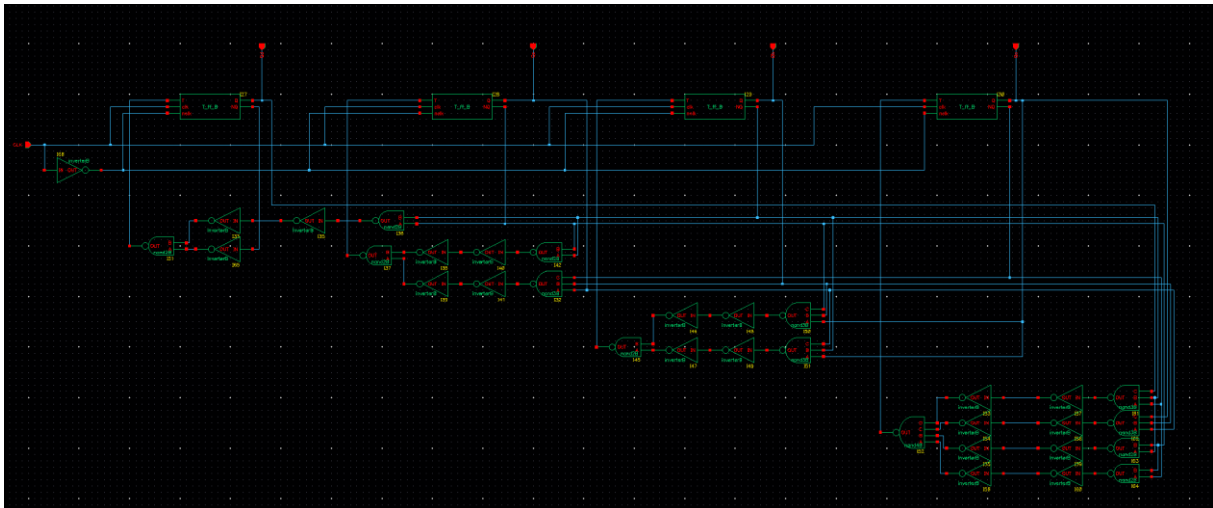
Scalone Układy i Systemy Elektroniczne		
Grupa Numer: 7 Czw. 8:00 Autor: Paweł Michalcewicz	Ćwiczenie numer: 3 Temat: Projekt Licznika (temat nr 9) Licznik synchroniczny zliczający od 7 do 14 w kodzie Grey'a	Data wykonania: 23.01.2025 Data wysłania: 24.01.2025

1. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia było zaprojektowanie licznika synchronicznego, który zlicza od 7 do 14 w kodzie Grey'a w środowisku CADENCE Virtuoso. W ramach pracy należało, zgodnie z instrukcją, opracować logikę, później schemat licznika, z wykorzystaniem gotowej biblioteki. W moim przypadku skorzystałem z **przerzutników T**, **bramek NAND** oraz z **INWERTERÓW**. Ostatecznie, projekt obejmuje wykonanie symulacji weryfikujących poprawność działania układu oraz ekstrakcję kluczowych parametrów. Na koniec – wyznaczono parametry czasowe oraz pobór mocy. Cały projekt został wykonany krok po kroku na podstawie instrukcji laboratoryjnej przedmiotu SUiSE.

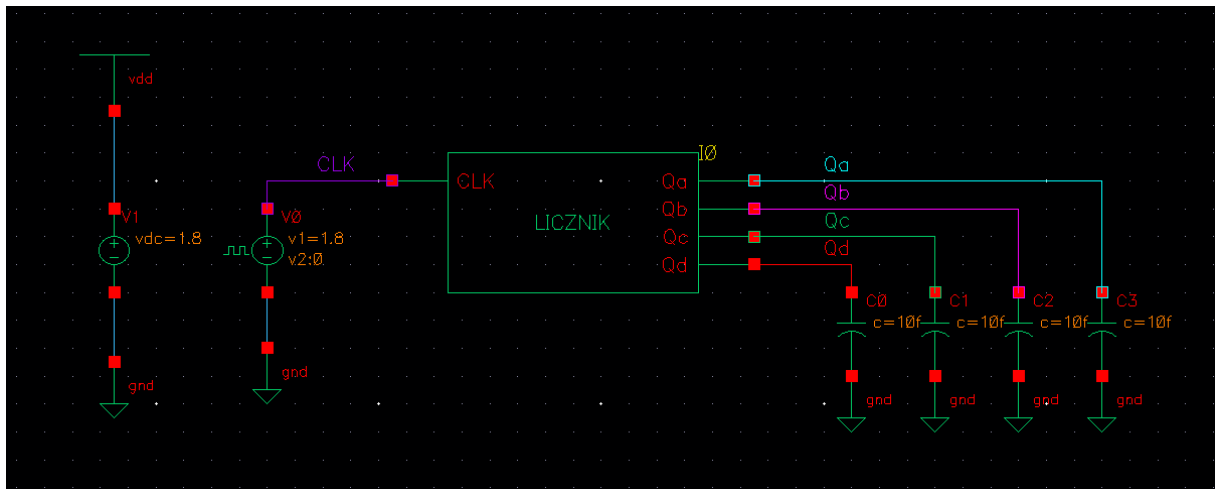
Wszystkie pliki projektu znajdują się w katalogu:
/home/students/LAB/us0308/projekt_IC_LICZNIK

2. Schemat licznika:



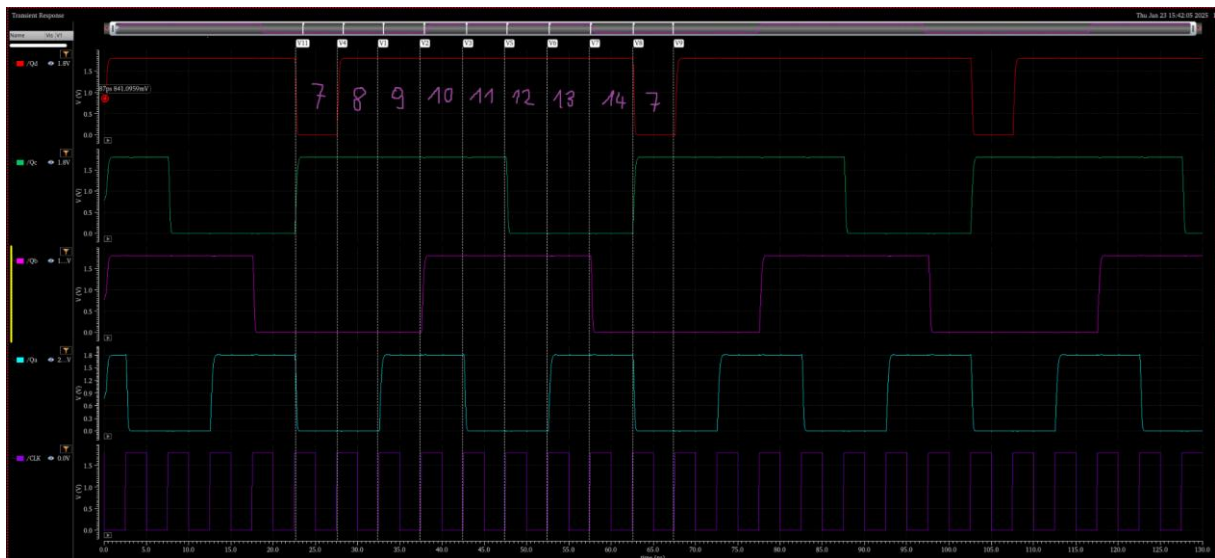
Zrzut Ekranu 1 Schemat ideowy skonstruowany z użyciem bramek NAND oraz INWERTERÓW

3. Testbench:



Zrzut Ekranu 2 Testbench licznika – potrzebny do symulacji

4. Przedlayoutowa symulacja transient:



Zrzut Ekranu 2 Symulacja transient sprawdzająca poprawność działania licznika

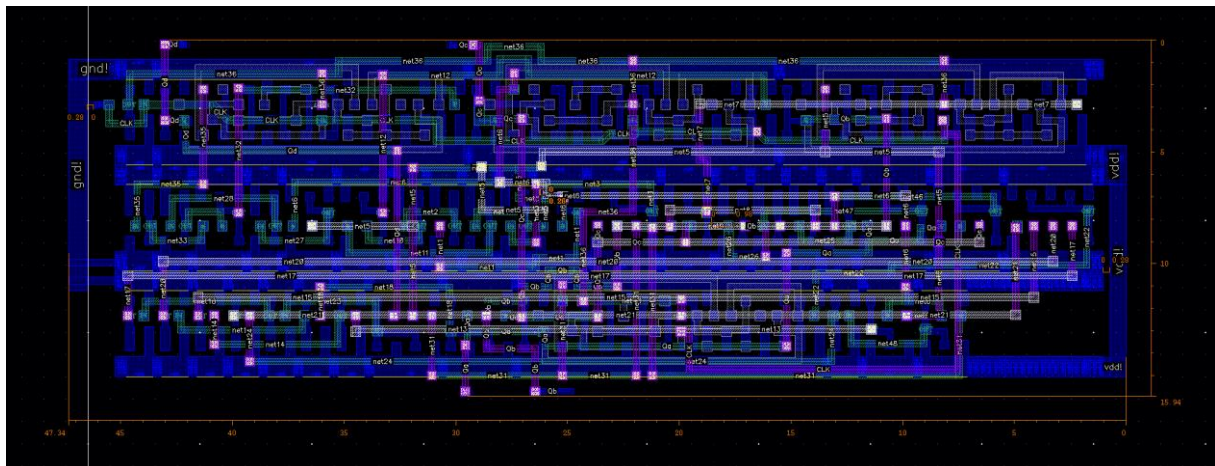
Porównanie kodów z kodem Graya

System dziesiętny	Kod binarny	Kod Graya
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

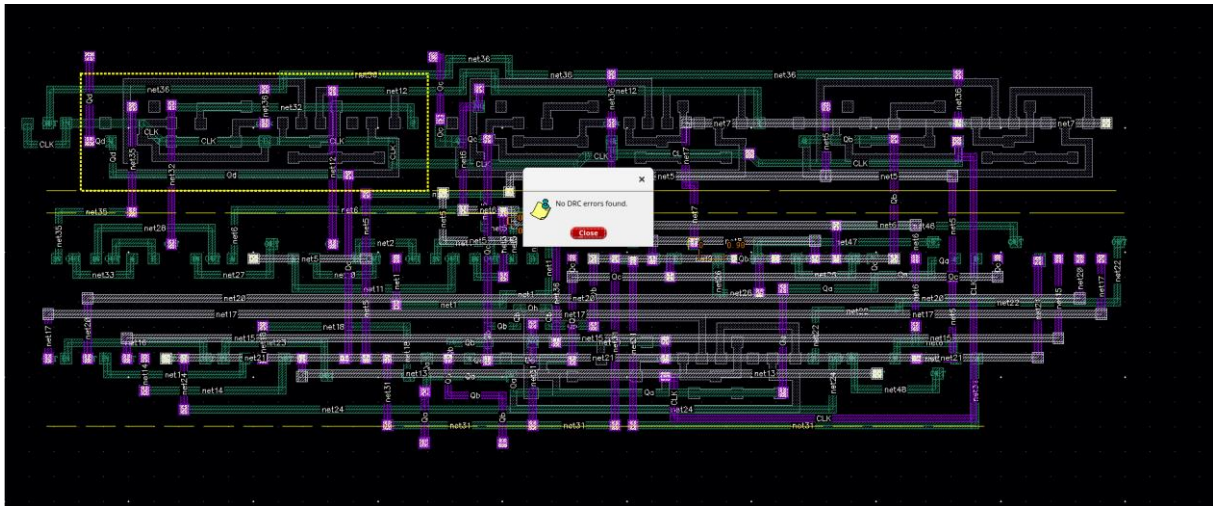
16

Jak widać z załączonej tabeli – wszystkie wartości z symulacji są poprawne w kodzie Graya.

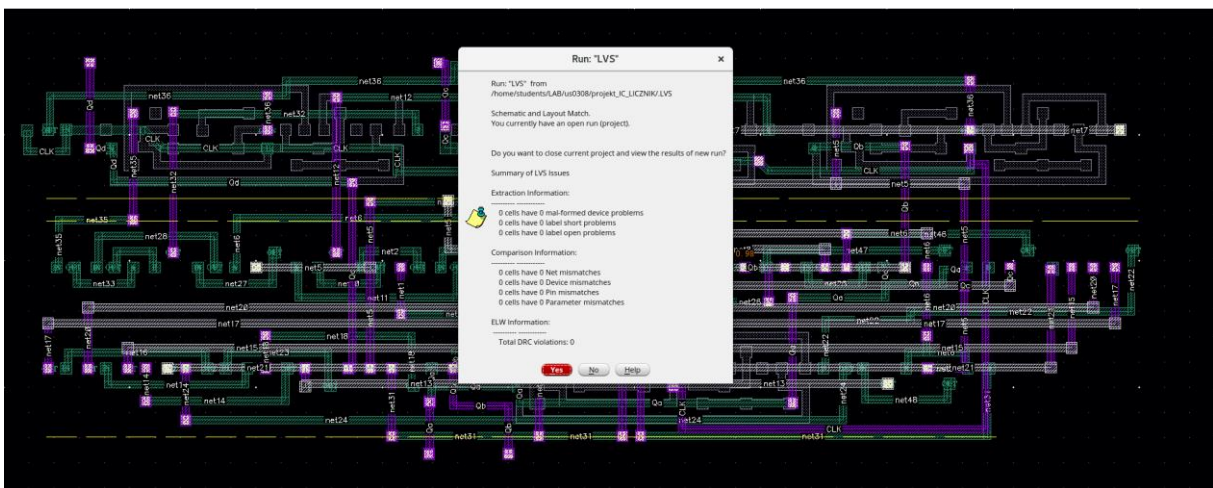
5. Layout:



Zrzut Ekranu 4 Wymiary layoutu

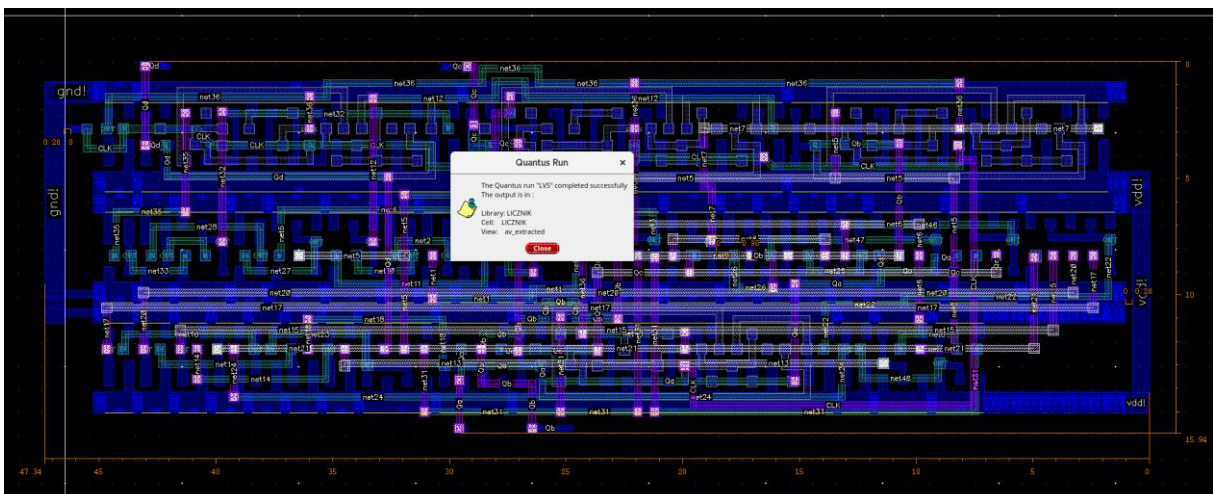


Zrzut Ekranu 5 Pomyślne przejście DRC



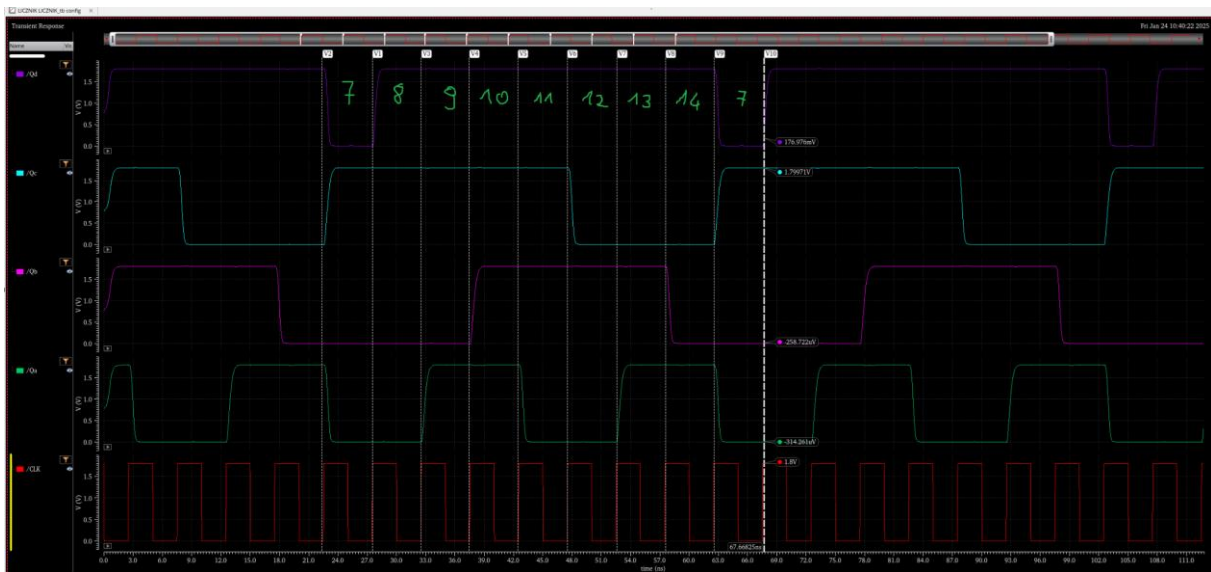
Zrzut Ekranu 6 Pomyślne przejście LVS

6. Ekstrakcja:



Zrzut Ekranu 7 Pomyślny przebieg ekstrakcji

7. Przebiegi i parametry czasowe:

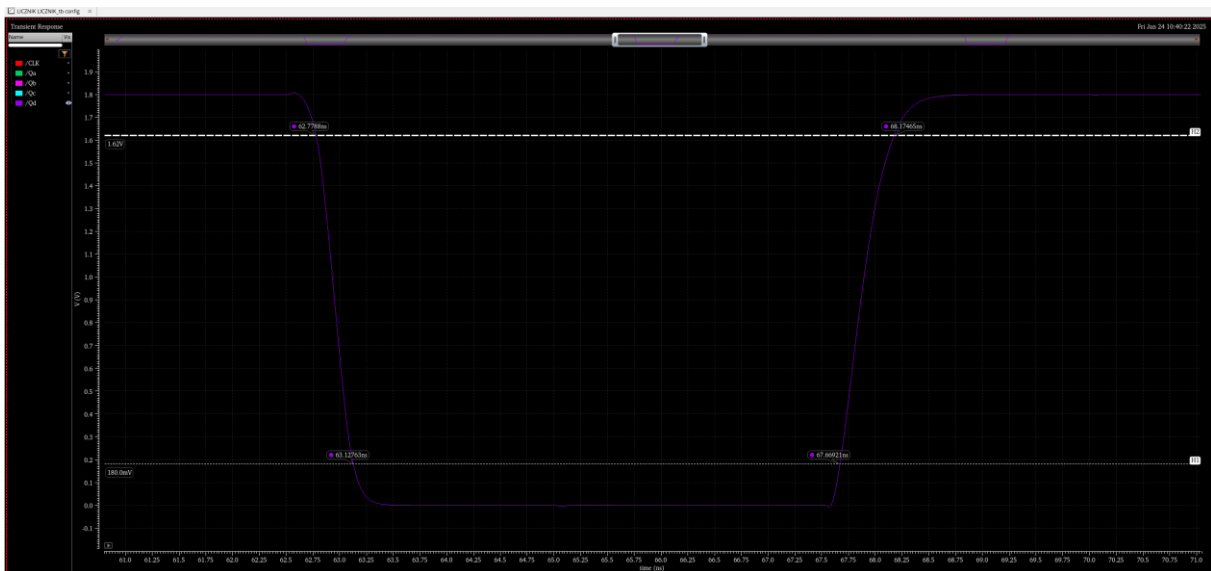


Rysunek 8 Symulacja transient postlayoutowa – ponowne sprawdzenie poprawności działania

a) Czasy narastania i opadnia

Obliczenia:

Do obliczeń ustawiłem markery na $0.9 \cdot 1.8 = 1.62 \text{ V}$ oraz $0.1 \cdot 1.8 = 0.18 \text{ V}$, aby odczytać 90% oraz 10% całkowitej wartości amplitudy.



Zrzut Ekranu 9 Czas narastania i opadania Qd

$$t_r = t_{90\%} - t_{10\%} = 68.175 \text{ ns} - 67.670 \text{ ns} = 0.505 \text{ ns} = \mathbf{505 \text{ ps}}$$

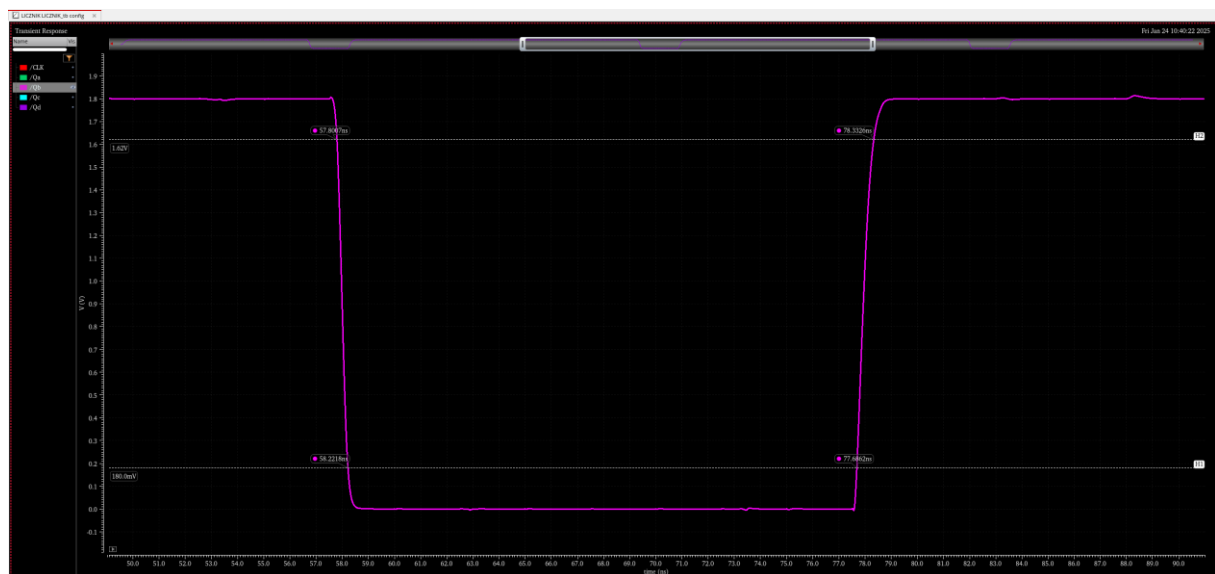
$$t_f = t_{10\%} - t_{90\%} = 63.128 \text{ ns} - 62.779 \text{ ns} = 0.349 \text{ ns} = \mathbf{349 \text{ ps}}$$



Zrzut Ekranu 10 Czas narastania i opadania Qc

$$t_r = t_{90\%} - t_{10\%} = 63.333 \text{ ns} - 62.688 \text{ ns} = 0.645 \text{ ns} = \mathbf{645 \text{ ps}}$$

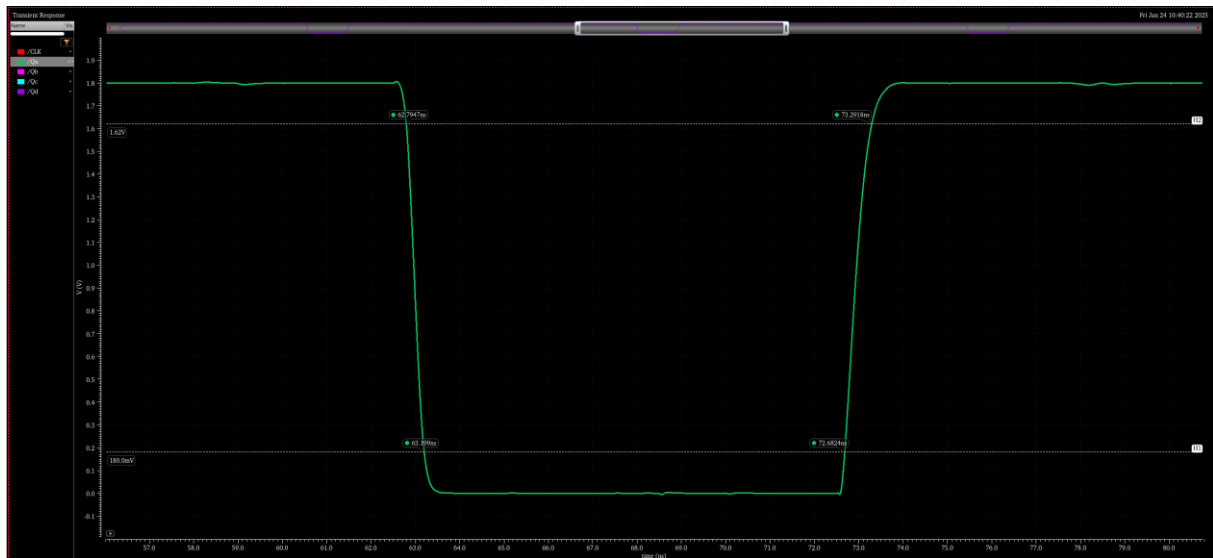
$$t_f = t_{10\%} - t_{90\%} = 88.230 \text{ ns} - 87.802 \text{ ns} = 0.428 \text{ ns} = \mathbf{428 \text{ ps}}$$



Zrzut Ekranu 11 Czas narastania i opadania Qb

$$t_r = t_{90\%} - t_{10\%} = 78.333 \text{ ns} - 77.687 \text{ ns} = 0.646 \text{ ns} = \mathbf{646 \text{ ps}}$$

$$t_f = t_{10\%} - t_{90\%} = 58.222 \text{ ns} - 57.807 \text{ ns} = 0.415 \text{ ns} = \mathbf{415 \text{ ps}}$$

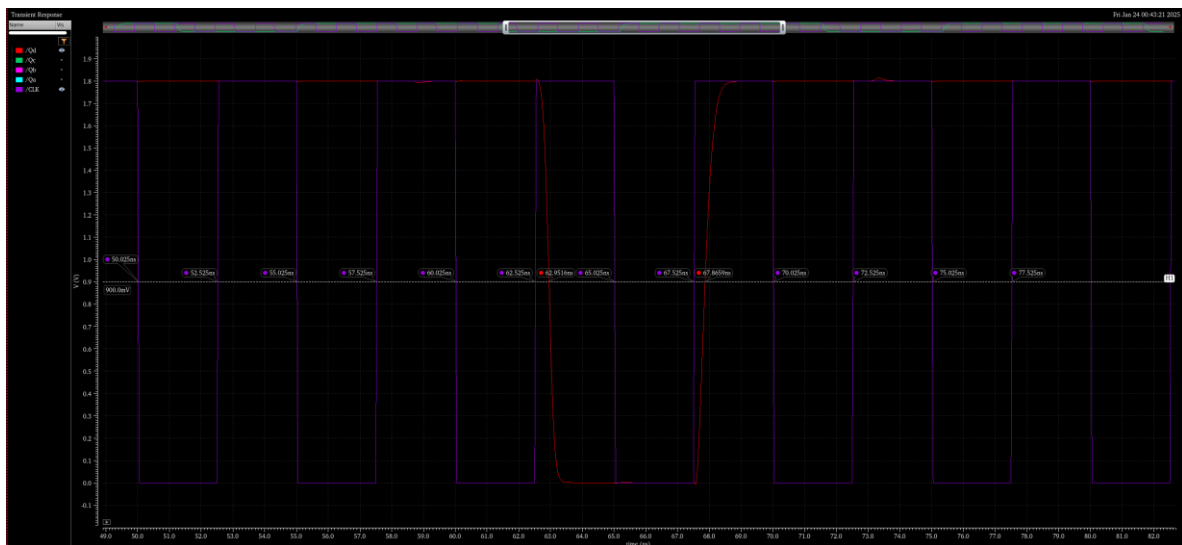


Zrzut Ekranu 12 Czas narastania i opadania Qa

$$t_r = t_{90\%} - t_{10\%} = 73.292 \text{ ns} - 72.682 \text{ ns} = 0.61 \text{ ns} = \mathbf{610 \text{ ps}}$$

$$t_f = t_{10\%} - t_{90\%} = 63.199 \text{ ns} - 62.795 \text{ ns} = 0.404 \text{ ns} = \mathbf{404 \text{ ps}}$$

b) Czasy propagacji



Zrzut Ekranu 13 Czas propagacji Qd

$$t_{pLH} = 67.866 \text{ ns} - 67.525 \text{ ns} = 0.341 \text{ ns} = \mathbf{341 \text{ ps}}$$

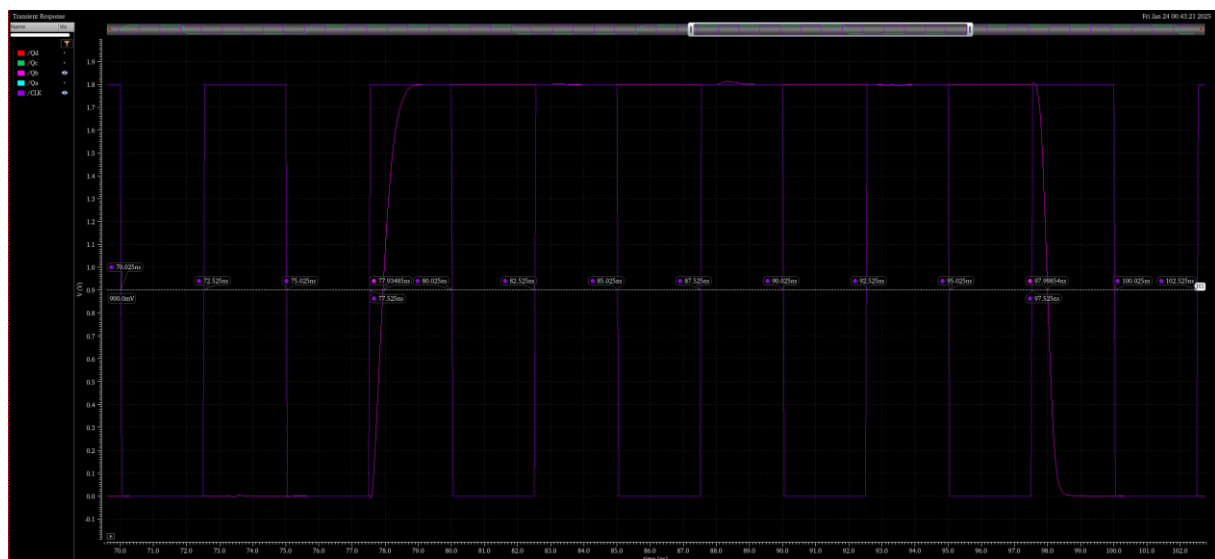
$$t_{pHL} = 62.952 \text{ ns} - 62.525 \text{ ns} = 0.427 \text{ ns} = \mathbf{427 \text{ ps}}$$



Zrzut Ekranu 14 Czas propagacji Qc

$$t_{pLH} = 62.940 \text{ ns} - 62.525 \text{ ns} = 0.414 \text{ ns} = \mathbf{415 \text{ ps}}$$

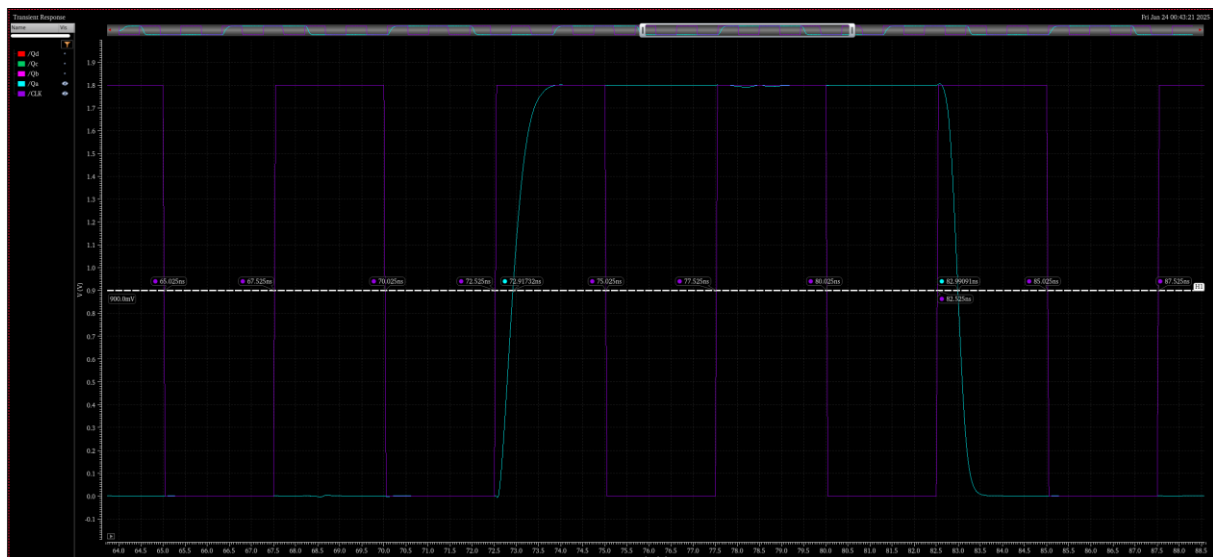
$$t_{pHL} = 88.003 \text{ ns} - 87.525 \text{ ns} = 0.478 \text{ ns} = \mathbf{478 \text{ ps}}$$



Zrzut Ekranu 15 Czas propagacji Qb

$$t_{pLH} = 77.935 \text{ ns} - 77.525 \text{ ns} = 0.41 \text{ ns} = \mathbf{410 \text{ ps}}$$

$$t_{pHL} = 97.999 \text{ ns} - 97.525 \text{ ns} = 0.474 \text{ ns} = \mathbf{474 \text{ ps}}$$



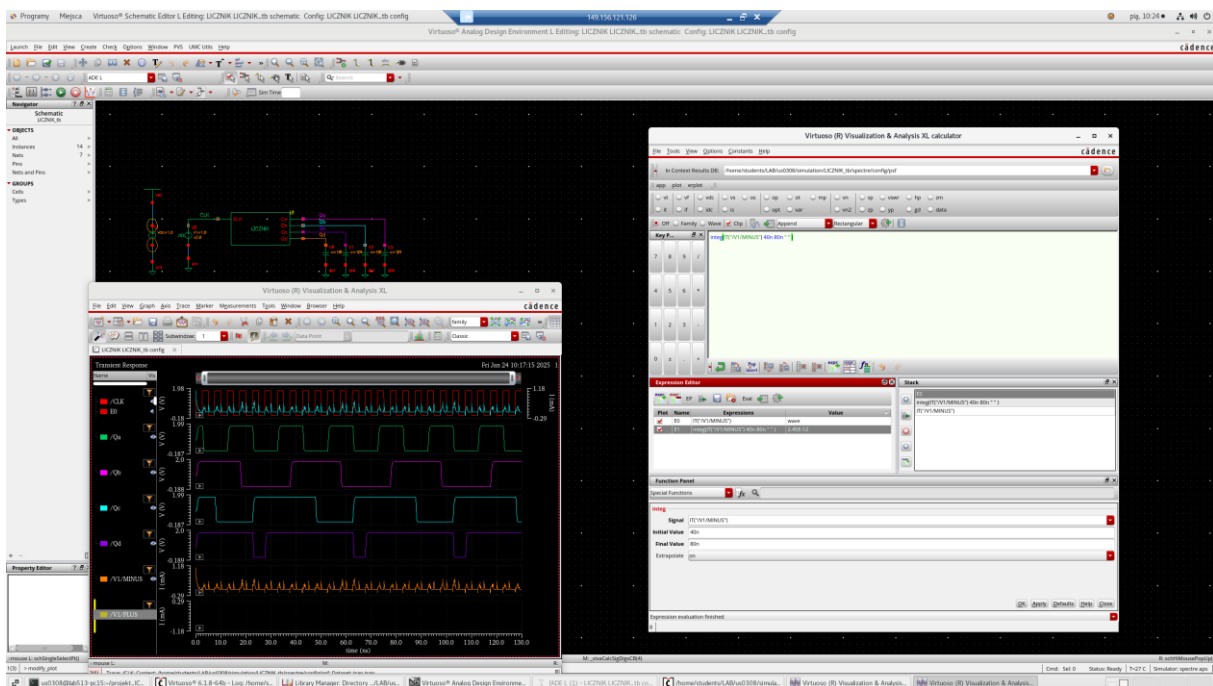
Zrzut Ekranu 16 Czas propagacji Qa

$$t_{pLH} = 72.917 \text{ ns} - 77.525 \text{ ns} = 0.392 \text{ ns} = \mathbf{392 \text{ ps}}$$

$$t_{pHL} = 82.990 \text{ ns} - 82.525 \text{ ns} = 0.465 \text{ ns} = \mathbf{465 \text{ ps}}$$

8. Wyznaczanie średniego poboru mocy:

Do obliczeń wykorzystałem kondensator o pojemności 10fF.



Zrzut Ekranu 17 Widok na kalkulator i przebiegi potrzebne do jego wyznaczenia oraz TB w configu

Do obliczeń wykorzystałem kondensatory o pojemności 10fF na każdym wyjściu.

$$\text{Odczytany wynik: } P_{sr} = \mathbf{2.45 \text{ pW}}$$