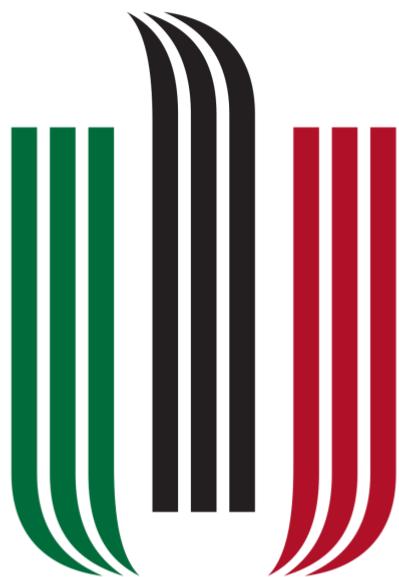


**Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji**



**A G H**

**Projekt licznika synchronicznego zliczającego w dół  
w NKB od 14 do 0 co 2**

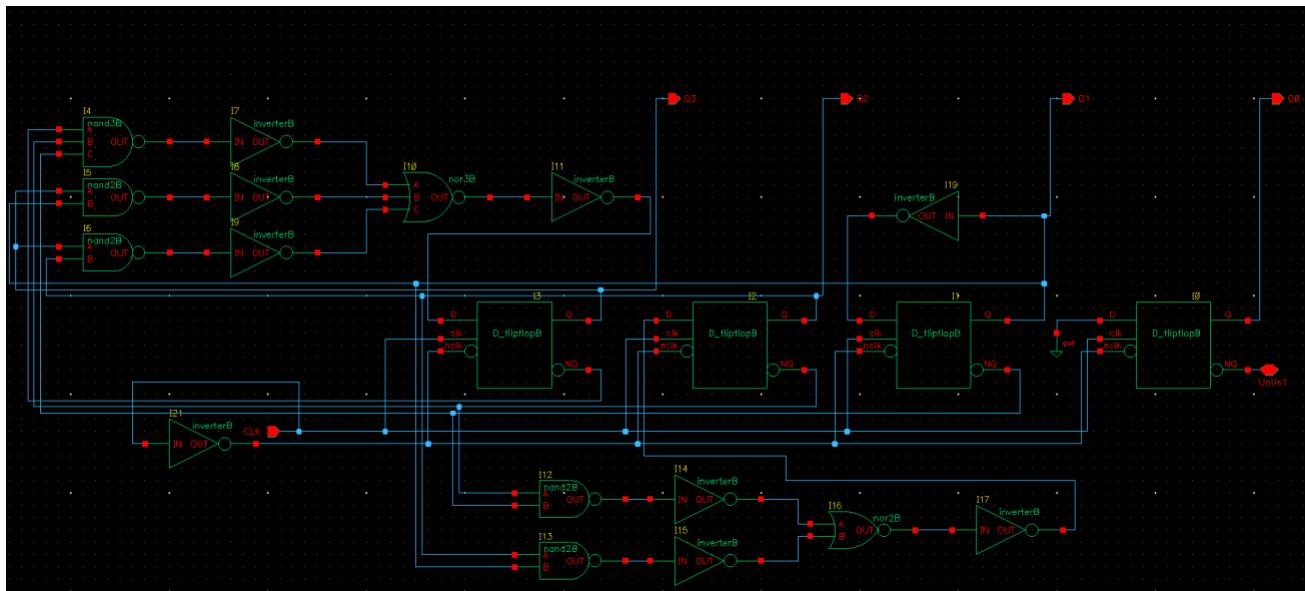
Filip Żurek  
Elektronika i Telekomunikacja

Kraków, 18.01.2025 r.

## 1. Cel zadania

Zadanie laboratoryjne polegało na zaprojektowaniu poprawnie działającego licznika synchronicznego zliczającego w dół od 14 do 0 co 2. Głównym celem ćwiczenia było zaprojektowanie wybranego układu oraz jego wykonanie przy wykorzystaniu komórek standardowych. Po zaprojektowaniu licznika należało wykonać stosowne symulacje potwierdzające jego poprawne działanie.

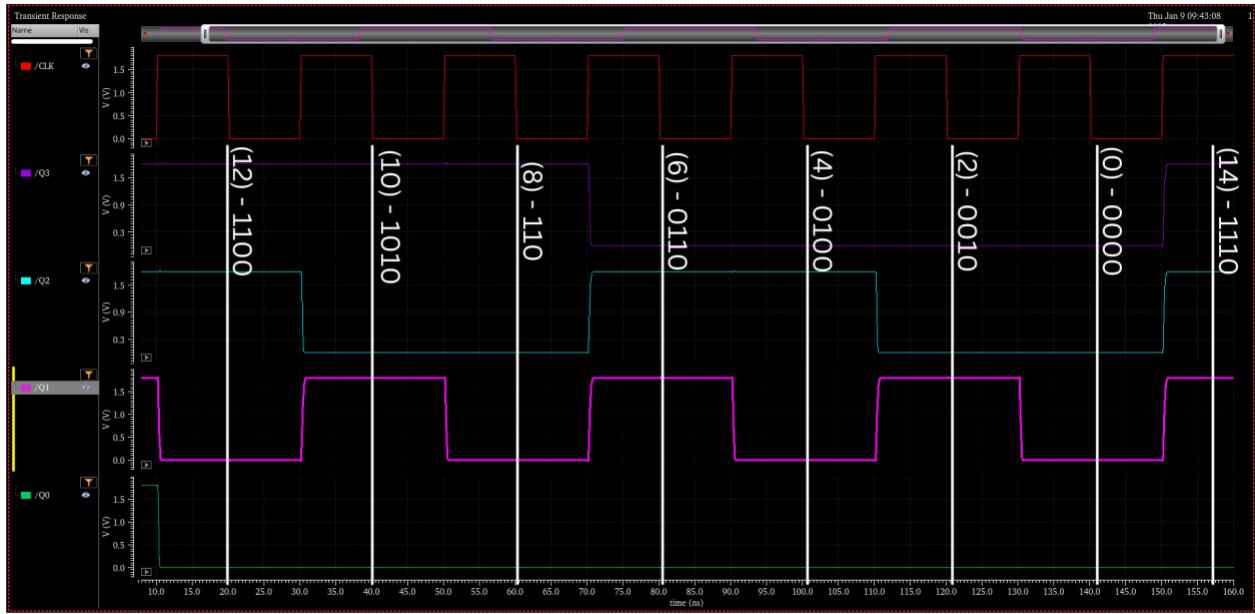
## 2. Schemat licznika



Zdjęcie 1 Schemat licznika synchronicznego zliczającego w dół od 14 do 0 co 2

Pierwszym zadaniem było utworzenie wcześniej zaprojektowanego układu w oparciu o dostępne elementy z biblioteki komórek standardowych. Podczas realizacji wykorzystano przerzutniki typu D oraz bramki logiczne: AND, OR oraz NOT (inwerter).

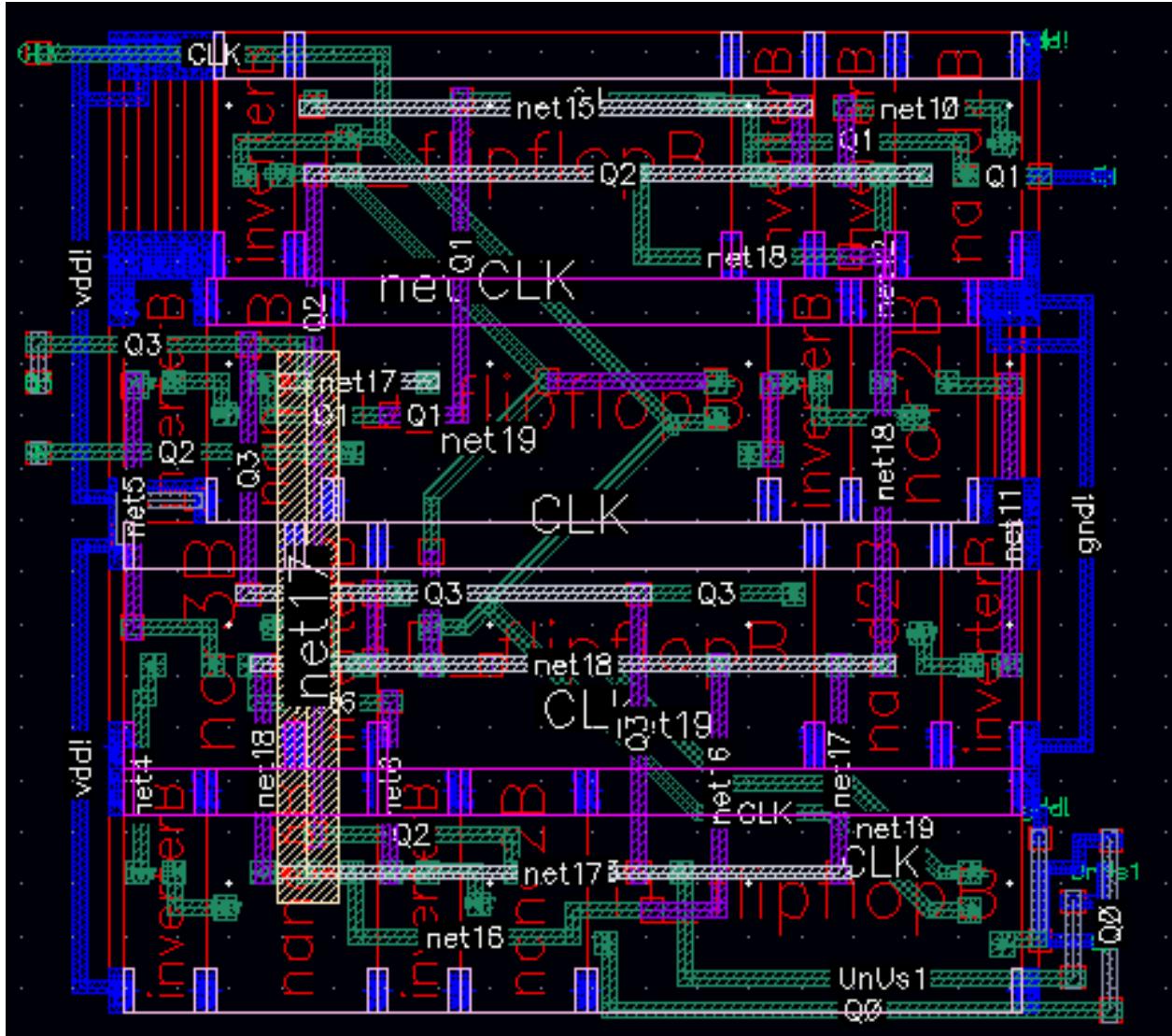
### 3. Analiza działania



Zdjęcie 2 Symulacja transient

Przeprowadzono symulację transient, która obrazuje poprawne funkcjonowanie układu. Na zrzucie ekranu zaznaczono stany przejściowe jak można zauważyć licznik realizuje założoną funkcjonalność zlicza od 14 do 0 z krokiem 2.

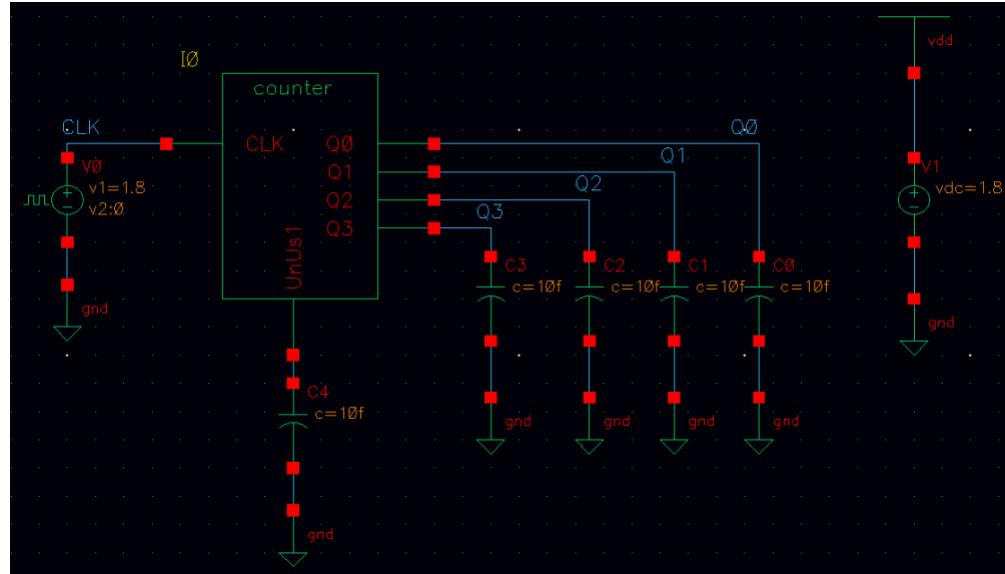
#### 4. Układ oraz połączenie elementów



Zdjęcie 3 Layout z wyprowadzonymi ścieżkami do elementów

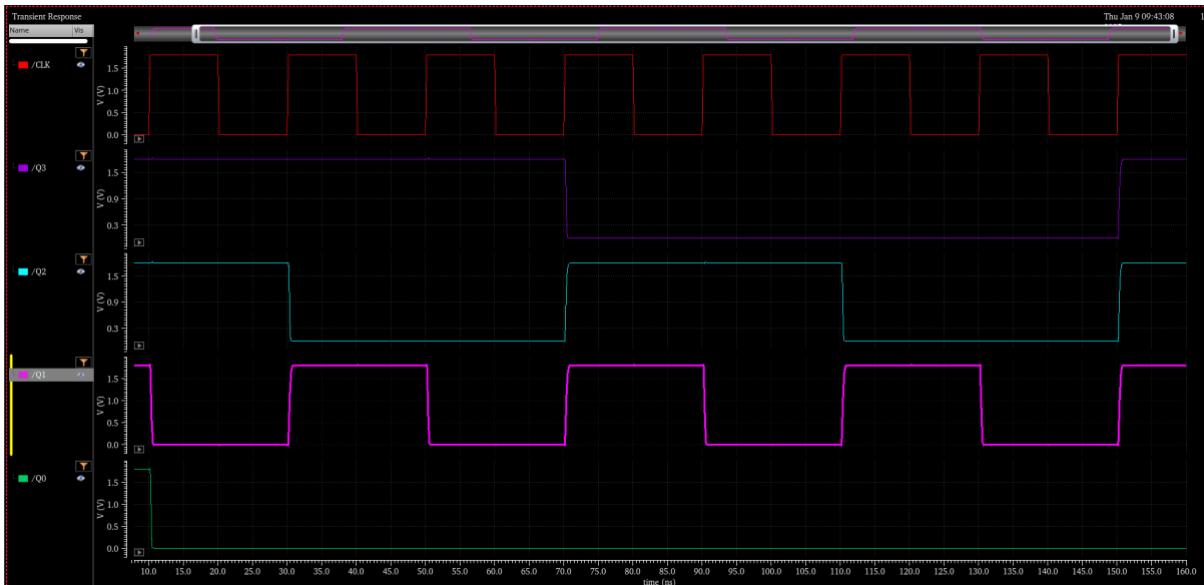
Do połączenia zasilania oraz masy wykorzystano metal 1 a do pozostałych połączeń metale: 3, 4, 5 oraz 6. Ostatni z metali (6) nie był zalecany przez wymagane inne zasady DRC oraz jego szerokość, jednak w obliczu konieczności został wykorzystany w jednym połączeniu dla net 17.

## 5. Symulacja post layoutowa



Zdjęcie 4 Schemat licznika do pomiarów

Utworzono schemat pomiarowy licznika, który zgodnie z wymaganiami został obciążony pojemnościami 10 [fF].

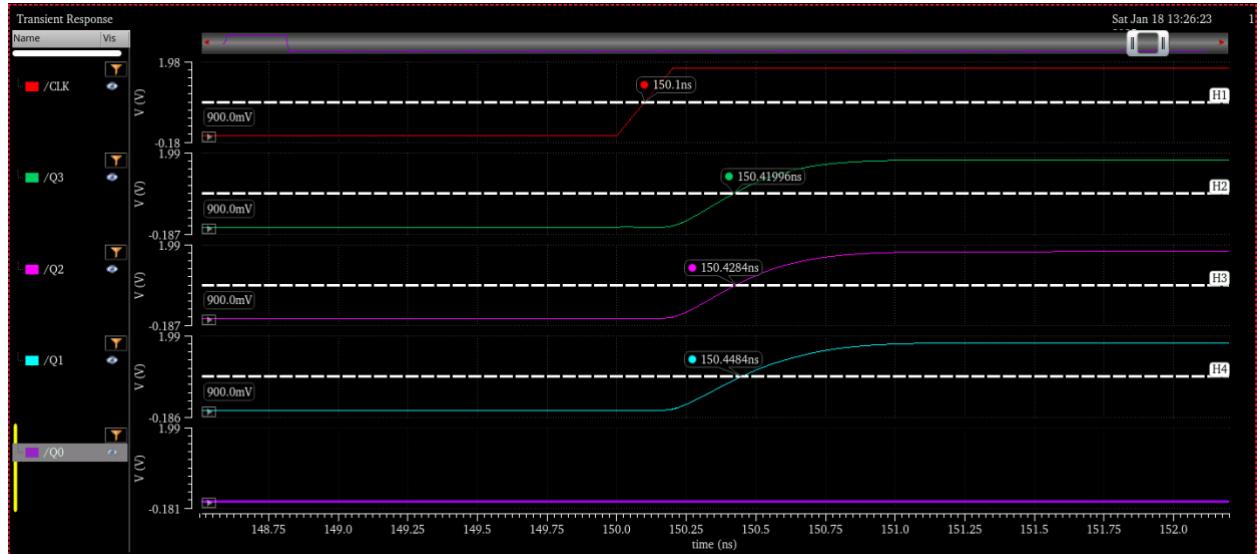


Zdjęcie 5 Działanie licznika synchronicznego zliczającego od 14 do 0 co 2

Działanie jest identyczne jak przed wykonaniem layoutu. W pierwszej chwili działania układu widzimy stan przejściowy, który po chwili ustala się i układ funkcjonuje poprawnie, szczególnie jest to zauważalne w przebiegu „Q0”, który cały czas powinien być równy „0”.

## 6. Analiza czasów licznika

### 6.1. Czas propagacji



Zdjęcie 6 Czas propagacji pomiar - narastanie

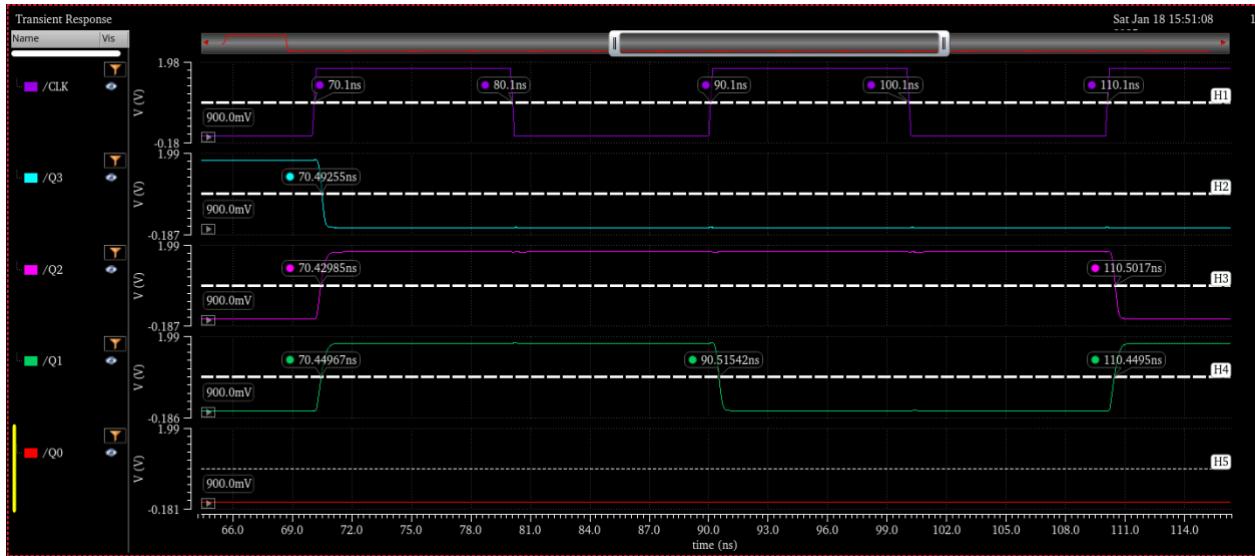
Pomiary rozpoczęto od zmierzenia czasów propagacji licznika, czyli opóźnienia pomiędzy sygnałem wejściowym a sygnałem wyjściowym dla połowy amplitudy. Z przedstawionego zdjęcia możemy odczytać te czasy jako różnicę stosownych czasów.

W pierwszym przypadku dla narastania:

$$t_p(Q3) = 150.41996 \text{ [ns]} - 150.1 \text{ [ns]} = 0.31996 \text{ [ns]} = 319.96 \text{ [ps]}$$

$$t_p(Q2) = 150.4284 \text{ [ns]} - 150.1 \text{ [ns]} = 0.3284 \text{ [ns]} = 328.4 \text{ [ps]}$$

$$t_p(Q1) = 150.4484 \text{ [ns]} - 150.1 \text{ [ns]} = 0.3484 \text{ [ns]} = 348.4 \text{ [ps]}$$



Zdjęcie 7 Czas propagacji pomiar - opadanie

W przypadku opadania ten czas wynosił:

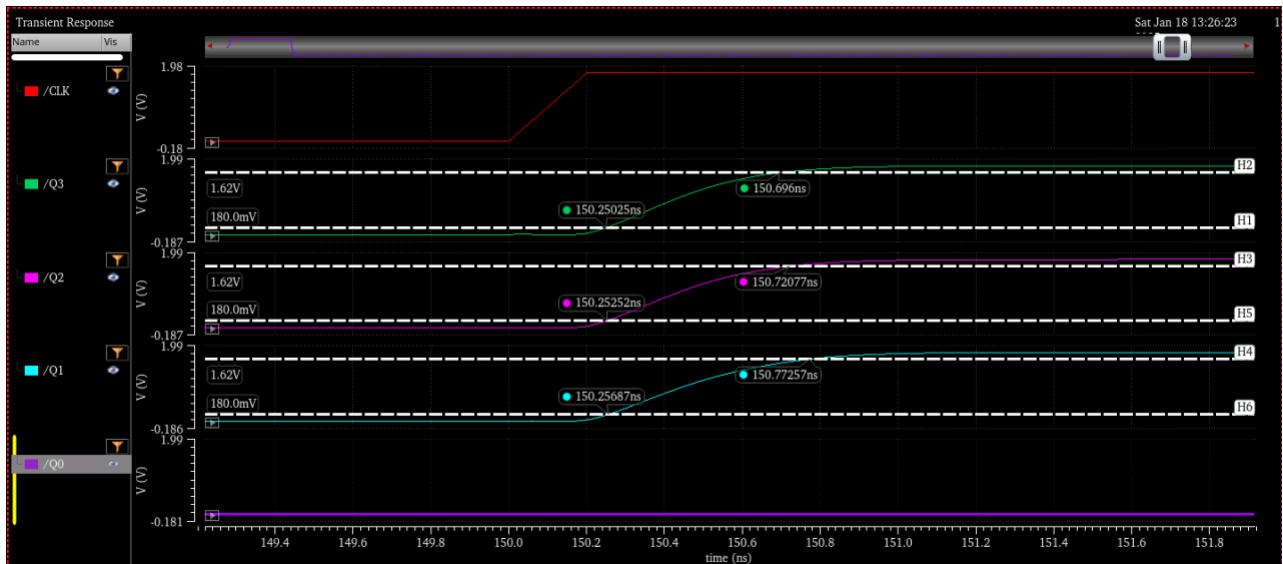
$$t_p(Q3) = 70.49255 \text{ [ns]} - 70.1 \text{ [ns]} = 0.39255 \text{ [ns]} = 392.55 \text{ [ps]}$$

$$t_p(Q2) = 110.5017 \text{ [ns]} - 110.1 \text{ [ns]} = 0.4017 \text{ [ns]} = 401.7 \text{ [ps]}$$

$$t_p(Q1) = 90.51542 \text{ [ns]} - 90.1 \text{ [ns]} = 0.41542 \text{ [ns]} = 415.42 \text{ [ps]}$$

Możemy zauważyć, że czas propagacji jest dłuższy dla opadania niż dla narastania.

## 6.2. Czas narastania



Zdjęcie 8 Czas narastania pomiar

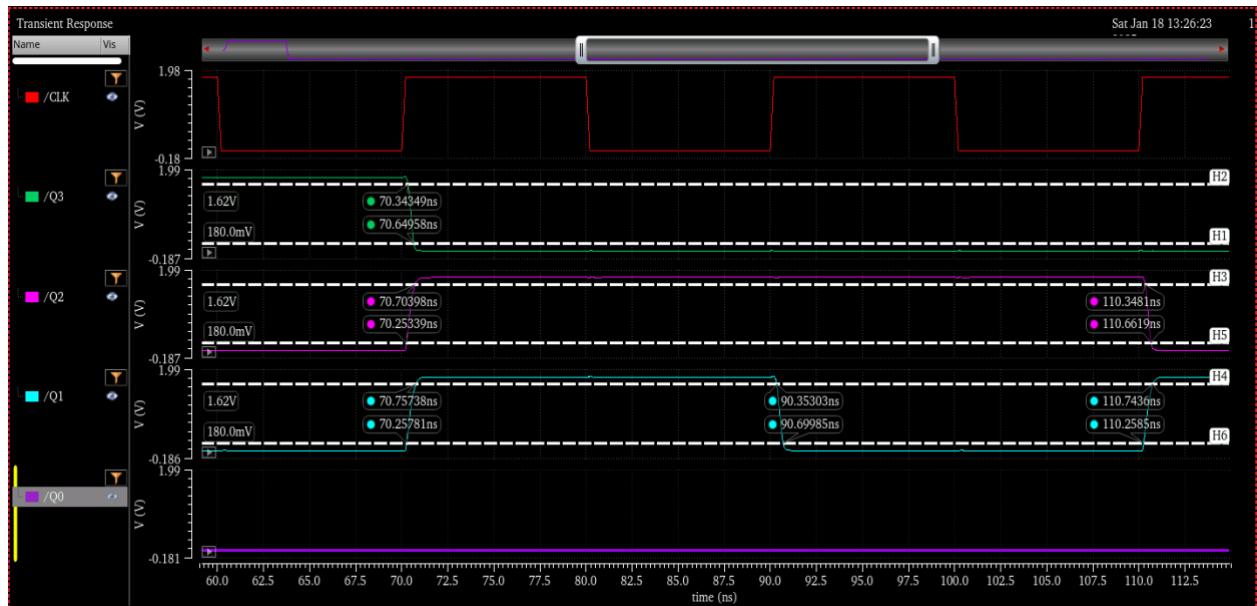
Następnym z pomiarów do wykonania był czas narastania, czyli czasów wyjścia w wartościach odpowiednio 90% oraz 10% amplitudy.

$$t_r(Q3) = 150.696 \text{ [ns]} - 150.25025 \text{ [ns]} = 0.44575 \text{ [ns]} = 445.75 \text{ [ps]}$$

$$t_r(Q2) = 150.72077 \text{ [ns]} - 150.2552 \text{ [ns]} = 0.46557 \text{ [ns]} = 465.57 \text{ [ps]}$$

$$t_r(Q1) = 150.77257 \text{ [ns]} - 150.25687 \text{ [ns]} = 0.5157 \text{ [ns]} = 515.7 \text{ [ps]}$$

### 6.3. Czas opadania



Zdjęcie 9 Czas opadania pomiar

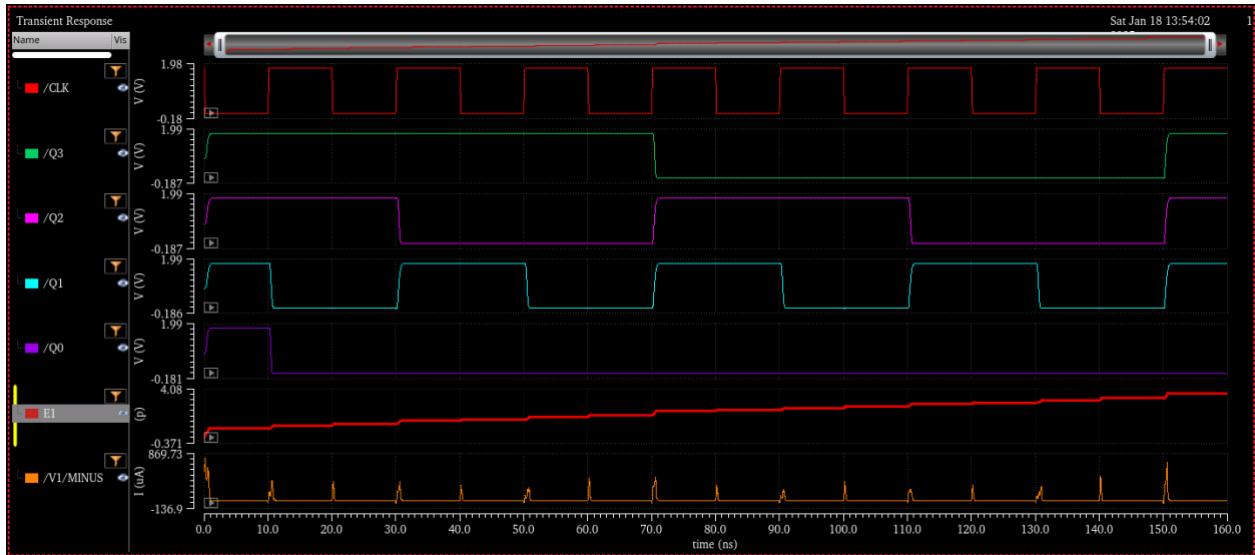
Pomiar czasu opadania jest analogicznym pomiarem do pomiaru czasu narastania z tą różnicą, że od wartości w 10% amplitudy odejmuje się wartość w 90% amplitudy.

$$t_f(Q3) = 70.64958 \text{ [ns]} - 70.34349 \text{ [ns]} = 0.30609 \text{ [ns]} = 306.09 \text{ [ps]}$$

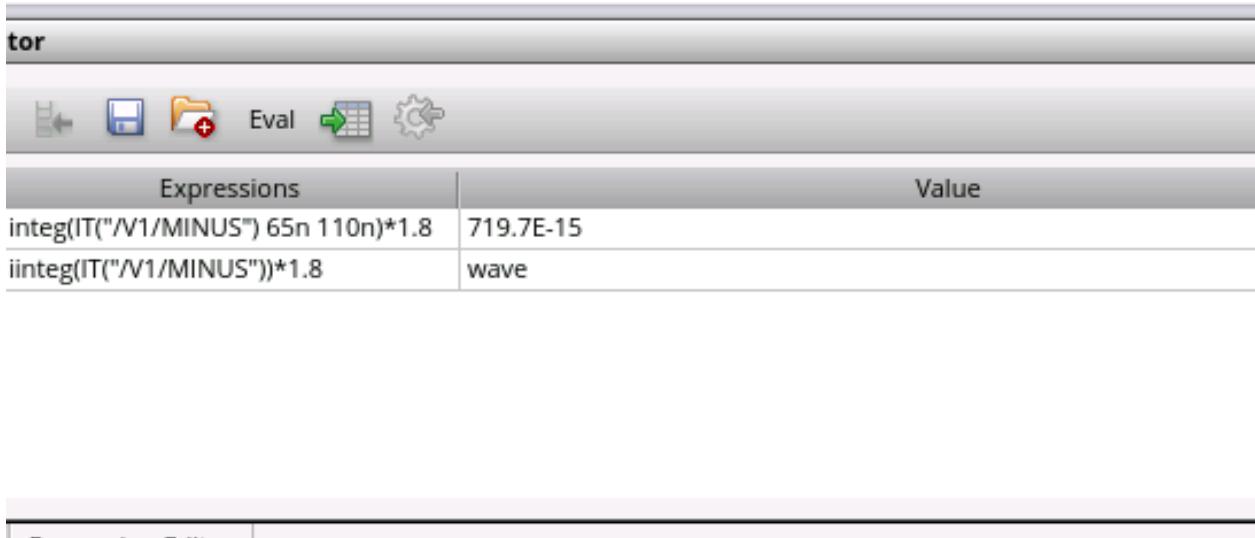
$$t_f(Q2) = 110.6619 \text{ [ns]} - 110.3481 \text{ [ns]} = 0.3138 \text{ [ns]} = 313.8 \text{ [ps]}$$

$$t_f(Q1) = 90.69985 \text{ [ns]} - 90.35303 \text{ [ns]} = 0.34682 \text{ [ns]} = 346.82 \text{ [ps]}$$

## 7. Analiza mocy licznika



Zdjęcie 10 Wykres energii w czasie

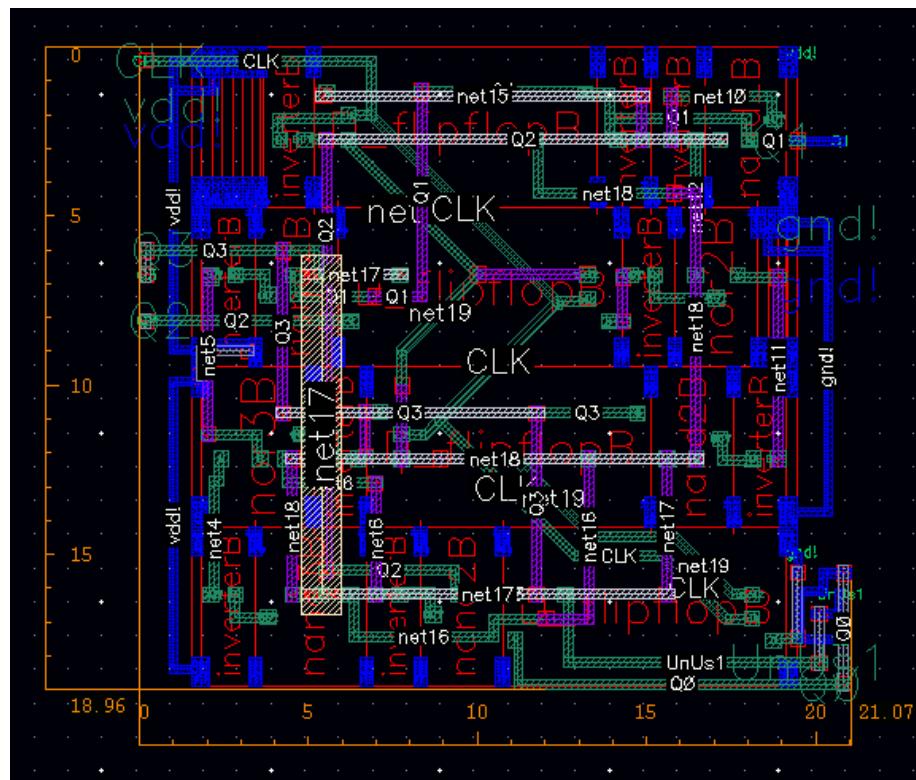


Zdjęcie 11 Obliczenie średniego poboru mocy

W celu obliczenia średniej mocy posłużyono się wbudowanym w program kalkulatorem. Jak można odczytać na powyższym zrzucie ekranu, średni pobór mocy układu wynosi:  $719.7[fW]$ .

## 8. Wymiary licznika

Ważnym elementem zadania było ułożenie elementów tak aby cały układ był jak najbliżej zbliżony do kwadratu.



Zdjęcie 12 Wymiary układu z linijką

Wymiary układu możemy odczytać z powyższego zrzutu ekranu, wynoszą one  $18.96 \times 21.07 \text{ } [\mu\text{m}]$ . Po analizie wymiarów można stwierdzić, że układ jest swoim ułożeniem zbliżony do kwadratu. Znając te wymiary możemy obliczyć jaką powierzchnię zajmuje stworzony układ.

$$S = 18.96 \text{ } [\mu\text{m}] \cdot 21.07 \text{ } [\mu\text{m}] = 399.4872 \text{ } [\mu\text{m}^2]$$

## 9. Topografia i ścieżka dostępu



Zdjęcie 13 Ścieżka dostępu do projektu

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w instrukcji. Projekt układu w celu weryfikacji znajduje się na koncie us0313 pod ścieżką: ~/Dokumenty/czw0800\_gr7/Counter\_14\_to\_0.