

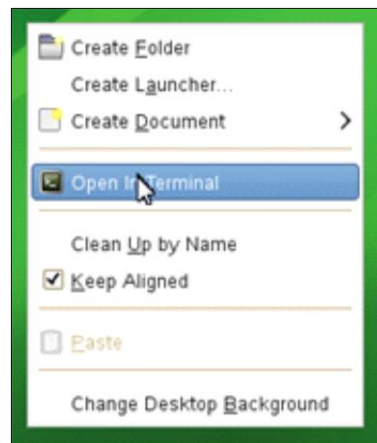
# Symulacje inwertera CMOS

---

\* punktu opcjonalne

## 1 Przygotowanie środowiska

1. Uruchom komputer w systemie Linux (openSuse)\*.
2. Otwórz konsolę wykonując następujące kroki\*
  - a. Kliknij prawym przyciskiem myszy na pulpicie



- b. Z menu kontekstowego wybierz „Open In Terminal”
3. Zmień powłokę na tcsh wykonując\*

```
/> tcsh
```
  4. Przejdź do katalogu domowego

```
/> cd
```
  5. Przejdź do katalogu, gdzie zapisałeś/aś pliki z poprzednich zajęć

```
/> cd pme
```

## 2 Przygotowanie do symulacji

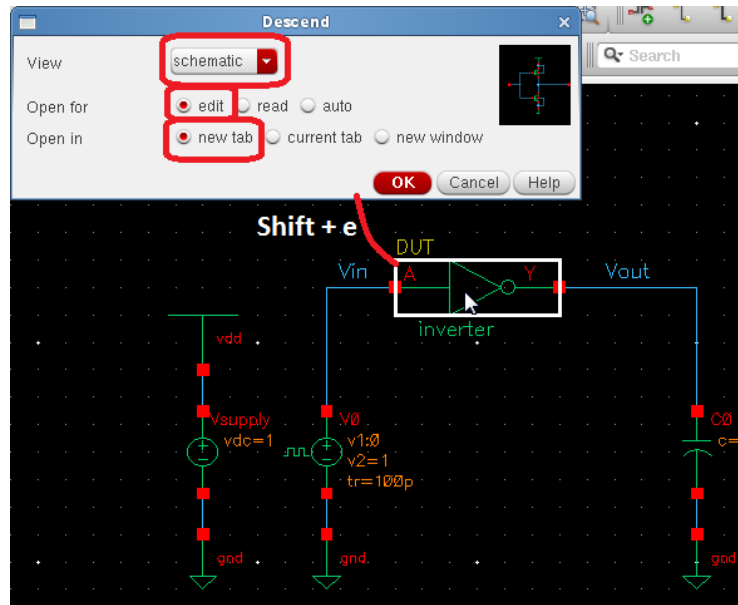
1. Skopiuj plik z przykładem

```
\> cp /cad/deskits/CDS/tutorial/lab_inv.tar.gz .
```
2. Rozpakuj plik

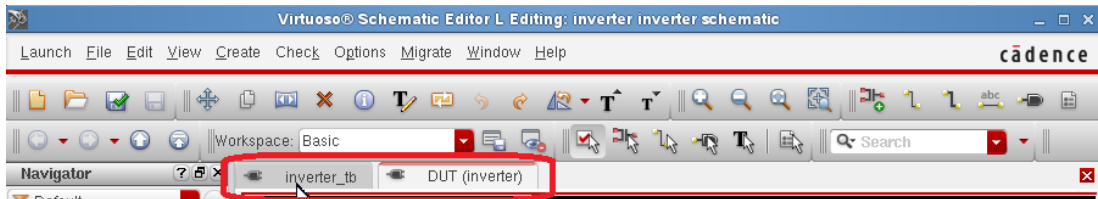
```
\> tar zvxf lab_inv.tar.gz
```
3. Poproś prowadzącego o dodanie biblioteki z przykładem
4. Uruchom środowisko Cadence Virtuoso\*

```
/> ./startgpd090
```
5. Otwórz widok *inverter\_tb* z biblioteki *inverter*
6. Otwórz wewnątrz symbolu inwertera

- a. Kliknij raz lewym przyciskiem myszy na symbolu inwertera i następnie naciśnij jednocześnie klawisze **Shift+e** (patrz rysunek poniżej)



- b. W pojawiającym się oknie dialogowym zaznacz odpowiednio
  - i. View: **schematic**
  - ii. Open for: **Edit**
  - iii. Open in: **New tab**
- c. Zauważ, że w oknie edytora schematu pokazały się 2 zakładki, które możesz przełączać:

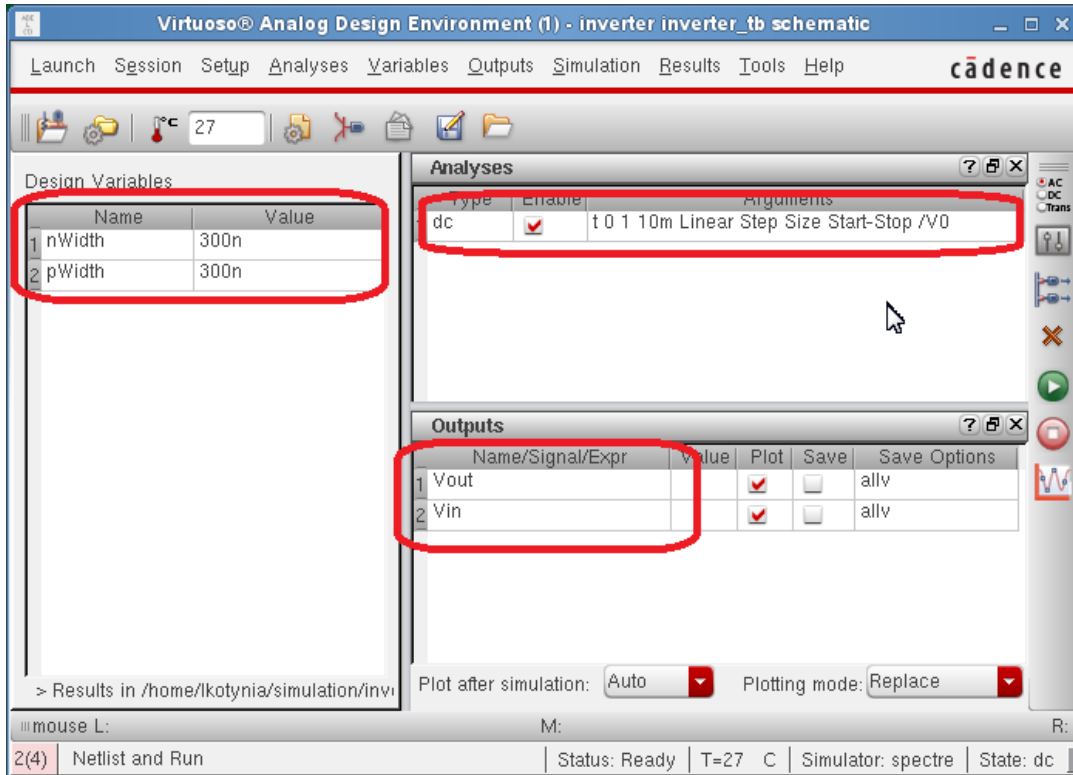


- i. schemat celki
  - ii. schemat układu testującego (testbench)
- d. Widok celki zawiera jedynie porty oraz szyny zasilania
7. Dodaj odpowiednie tranzystory z biblioteki **gpdk090** (klawisz i – *add instance*)
  - a. nMOS: długość kanału: **100n**, szerokość: **nWidth**
  - b. pMOS: długość kanału: **100n**, szerokość: **pWidth**
8. Połącz tranzystory nie zapominając o odpowiedniej polaryzacji podłoża

### 3 Symulacje dc

1. Przejdź do zakładki ze schematem **inverter\_tb**
2. Uruchom środowisko symulacji **ADE** (menu górne **Launch** → **ADE L**)
3. Korzystając ze zdobytej wcześniej wiedzy samodzielnie skonfiguruj środowisko do symulacji dc

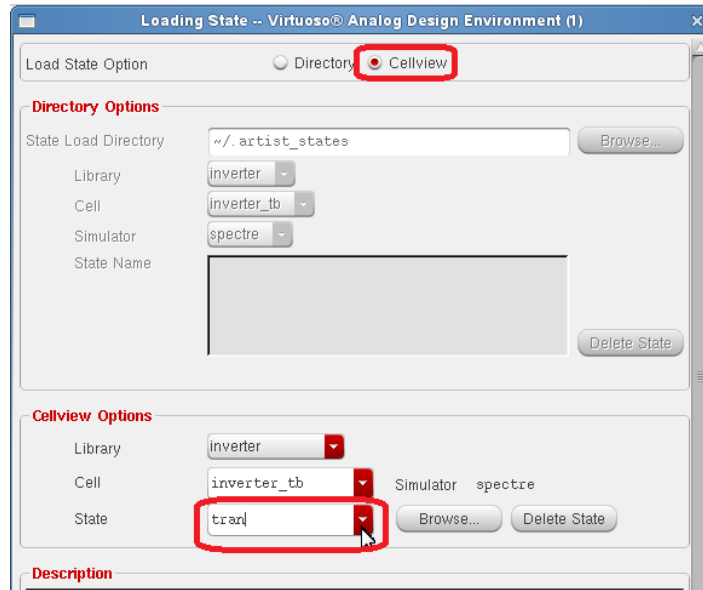
a. odpowiedź znajdziesz na obrazku poniżej



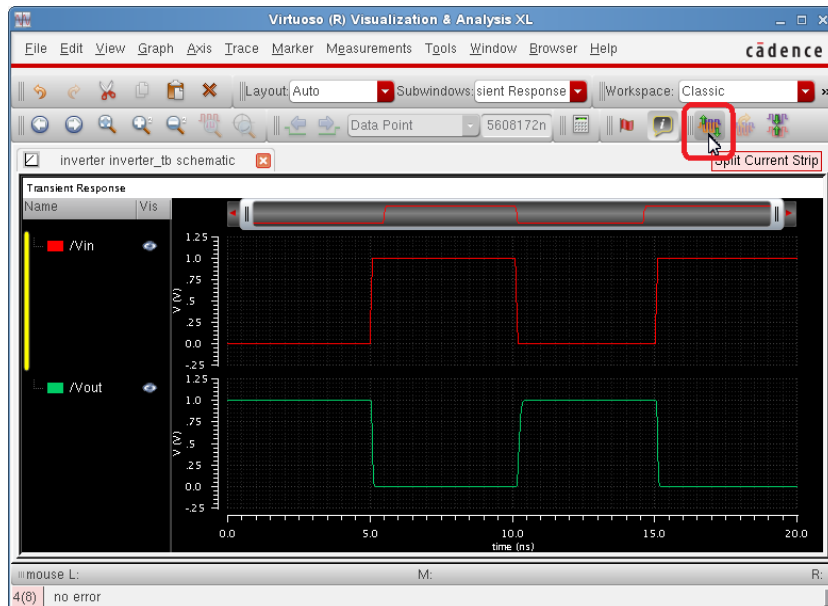
- b. w analizie dc zmieniaj wartość *dc* źródła na wejściu inwertera o nazwie **V0** w zakresie 0..1 V z krokiem 10 mV
  - c. pamiętaj o ustawieniu zmiennych, które wprowadziłeś/aś w schemacie inwertera (menu **Variables**)
  - d. wykreśl napięcie na wejściu i wyjściu inwertera (menu **Outputs**)
  - e. sprawdź poprawność symulacji
4. Gdzie znajduje się punkt przecięcia przebiegu napięcia wejściowego i wyjściowego? Jak określić marginesy szumów?
  5. Poprzez symulacje parametryczne znajdź szerokość kanału tranzystora pMOS, przy której punkt przecięcia się krzywych na charakterystyce przejściowe wypada blisko połowy napięcia zasilania (500 mV).
  6. Zapisz swoją sesję pod nazwą **mydc**.
    - a. pamiętaj o zaznaczeniu opcji **Cellview** w polu **Save State Option**
  7. Nie zamykaj środowiska **ADE**

## 4 Symulacje czasowe

1. W oknie ADE wybierz z menu górnego **Session** → **Load**.
2. W oknie wyboru sesji wybierz **tran** jak na rysunku poniżej.

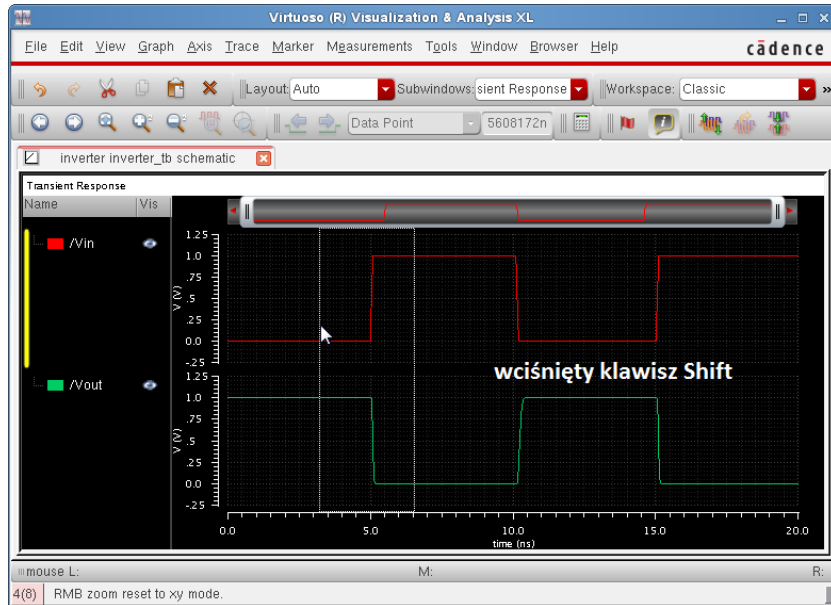


- a. pamiętaj o zaznaczeniu opcji **Cellview**
- b. Załadowałeś/aś wcześniej przygotowane ustawienia symulacji czasowej o czasie trwania 20ns
3. Dostosuj parametr **pWidth** zgodnie z wynikami z poprzedniego ćwiczenia.
4. U uruchom symulacje
5. Elementy pracy z wykresem
  - a. aby przedstawić oba wykresy oddzielnie kliknij na ikonie **Split Current Strip**

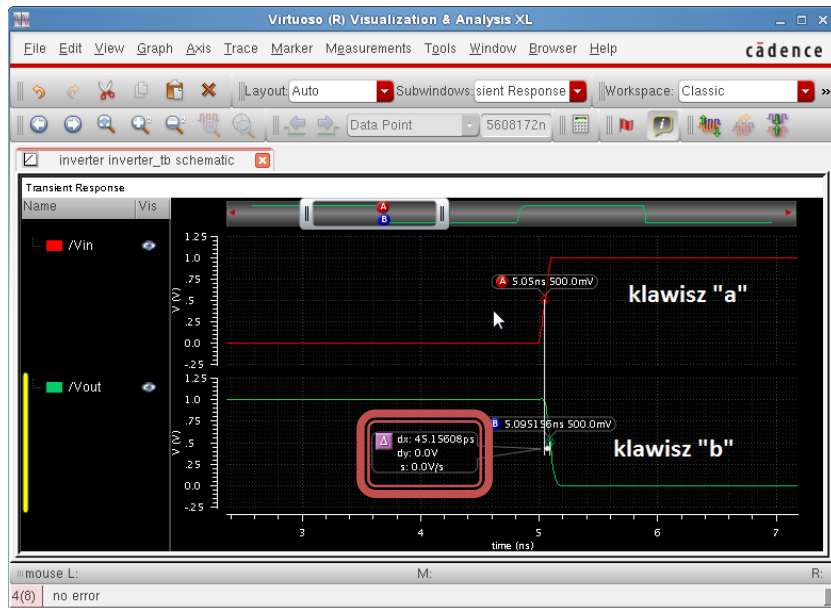


- b. poprawnie zaprojektowany inwerter odwraca wejściowy sygnał trapezoidalny z pewnym opóźnieniem, które zbadasz

- c. trzymając wciśnięty klawisz **Shift** zaznacz **prawym** przyciskiem myszy obszar wokół zbocza narastającego sygnału wejściowego (patrz rysunek poniżej)



- d. umieść kursor myszy mniej więcej w połowie zbocza rosnącego sygnału **Vin**  
 e. wciśnij klawisz „a”, aby umieścić tam pierwszy kursor



- f. podobnie umieść kursor myszy mniej więcej w połowie zbocza opadającego sygnału **Vout** i wciśnij klawisz „b”  
 g. na ekranie pojawi się chmurka obliczoną różnicą **dx** (różnica w czasie) oraz **dy** (różnica poziomu napięcia).

Pierwszy z tych parametrów (dx) nazwiemy opóźnieniem bramki CMOS.

- h. aby wrócić do widoku całego przebiegu wciśnij klawisz **f**
- 6. Przejdź do okna ADE i zauważ, że w panelu **Outputs** znajduje się automatycznie policzona wartość **delay**. Porównaj wynik z własnymi obserwacjami.
- 7. Zadania do samodzielnego wykonania:
  - a. sprawdź wartość opóźnienia dla opadającego zbocza sygnału wejściowego
  - b. zmodyfikuj schemat **inverter\_tb** wprowadzając parametr **load** jako wartość pojemności obciążającej. Wykonaj symulację parametryczną dla **load** z zakresu 10f..100f. Zobacz jak zmienia się wartość **delay** pod wpływem rosnącej pojemności obciążenia.