

LAB5: Badanie układów CMOS

I. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z parametrami elektrycznymi i czasowymi podstawowych elementów logicznych układów cyfrowych wykonanych w technologii CMOS oraz metodami ich pomiaru.

II. WPROWADZENIE

PARAMETRY DYNAMICZNE BRAMEK LOGICZNYCH

Podstawowym parametrem dynamicznym układów cyfrowych jest **czas propagacji**. Jest to czas jaki upływa od momentu zmiany stanu na wejściu układu logicznego do uzyskania na jego wyjściu odpowiedzi. Czas zmiany stanu na wyjściu z 0 na 1 (t_{pLH}) może być inny niż z 1 na 0 (t_{pHL}). Jako czas propagacji bramki logicznej (t_p) podaje się wartość średnią obu czasów. W układach kombinacyjnych czas propagacji ogranicza maksymalną szybkość działania układu cyfrowego oraz może zaburzać jego działanie (**zjawisko hazardu w układach cyfrowych**).

PARAMETRY DYNAMICZNE PRZERZUTNIKÓW

Czas propagacji dotyczy również przerzutników. W tym przypadku definiuje się czas propagacji (t_{pCQ}) jako parametr, który określa po jakim czasie od wystąpienia aktywnego zbocza sygnału zegarowego (C) pojawi się odpowiedź na wyjściu przerzutnika (Q). Dodatkowo często podaje się czas propagacji od wejść asynchronicznych, kasującego i ustawiającego.

Oprócz czasów propagacji istotnymi parametrami dynamicznymi przerzutnika są także czasy ustalania (t_{setup}) i podtrzymania (t_{hold}). **Czas ustalania** (t_{setup}) określa o ile wcześniej powinien zostać ustawiony stan wejścia informacyjnego przerzutnika (np. wejście D w przerzutniku D) zanim pojawi się aktywne zbocze sygnału zegarowego. **Czas podtrzymania** (t_{hold}) określa jak długo po wystąpieniu aktywnego zbocza sygnału zegarowego stan na wejściu informacyjnym powinien pozostać bez zmian. W układach sekwencyjnych suma czasów ustalania, podtrzymania oraz propagacji bramek determinuje maksymalną szybkość działania układu. Brak zachowania czasów ustalania i podtrzymania może prowadzić do niestabilnej pracy sekwencyjnego układu cyfrowego (**zjawisko metastabilności**).

ZJAWISKO HAZARDU W UKŁADACH CYFROWYCH

Istnienie czasów propagacji, oprócz ograniczenia szybkości pracy układu, może powodować także występowanie niekorzystnych zjawisk zwanych **hazardami**.

Hazard statyczny to występowanie krótkotrwałej zmiany stanu logicznego na wyjściu układu kombinacyjnego, występuje przy zmianie stanu na wejściu i gdy wyjście powinno pozostać bez zmian. Wyróżnia się **hazard statyczny jedynki** (kiedy występuje przejście stanów logicznych 1-0-1) oraz **hazard statyczny zera** (kiedy występuje przejście stanów logicznych 0-1-0).

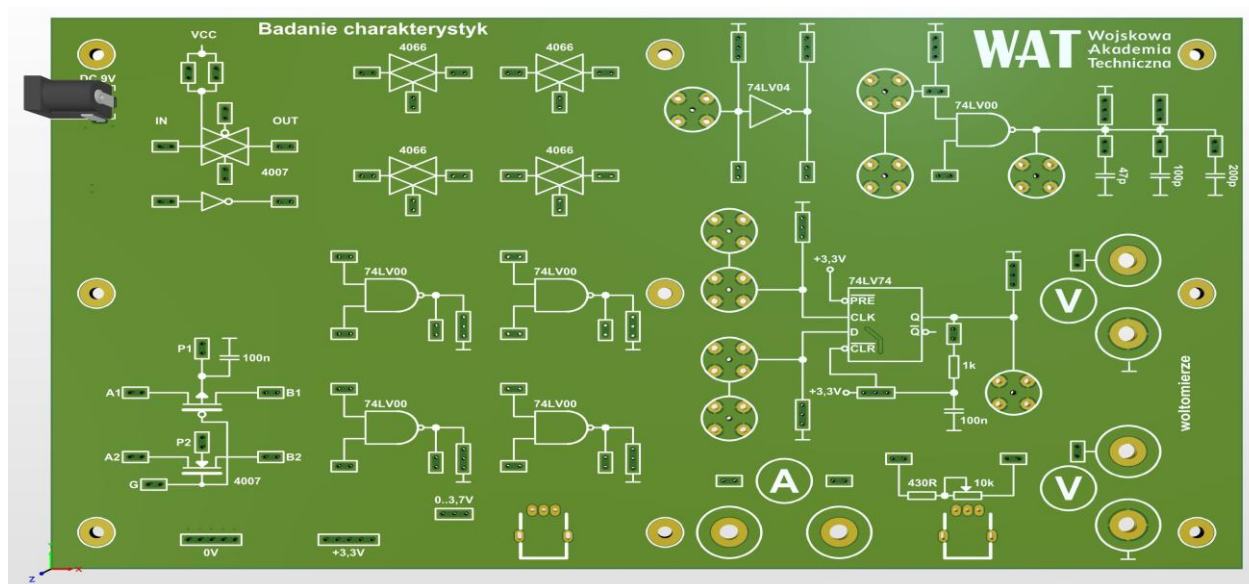
Hazard dynamiczny występuje podczas zmiany stanu na wyjściu układu kombinacyjnego i objawia się kilkukrotną zmianą stanu przed osiągnięciem do stanu ustalonego, np. przy oczekiwanej zmianie 1-0 następuje zmiana 1-0-1-0.

III. REALIZACJA ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

ZESTAW LABORATORYJNY

Zadania laboratoryjne realizowane są z użyciem zestawu laboratoryjnego (rys. 1) zawierającego m.in.:

- pięć dwuwejściowych bramek NAND – układy scalone 74LV00D,
- przerzutnik typu D – układ scalony 74LV74D,
- inwerter – układ scalony 74LV04D,
- cztery bramki transmisyjne – układ scalony 74LV4066D,
- bramki transmisyjnej i inwerter – układ scalony MC14007UB,
- dwie pary złącz do podłączenia woltomierza oraz jedną parę do podłączenia amperomierza.



Rys. 1. Zestaw laboratoryjny

UWAGA!

Napięcie zasilające płytkę testową ustawić na wartość 8 V z ograniczeniem prądowym 200 mA. Ponadto przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów należy ustawić sygnał wyjściowy generatora: częstotliwość 1 kHz, amplituda międzyszczytowa 3 V oraz składowa stała 1,5 V.

WYKONANIE ĆWICZENIA

Zgodnie z poniższymi zadaniami laboratoryjnymi należy zmierzyć wskazane parametry układów cyfrowych, zdjąć charakterystyki wejściowe, wyjściowe i przejściowe oraz wykonać odpowiednie obliczenia.

OPRACOWANIE WYNIKÓW

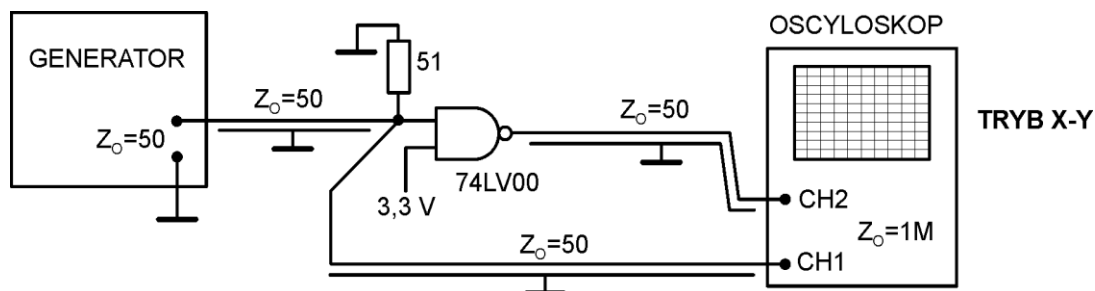
1. Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego powinno zawierać zwięzłe opisy postawionych zadań projektowych wraz z rozwiązaniami, w szczególności zdjęte charakterystyki oraz wykonane obliczenia.
2. W sprawozdaniu należy również zawrzeć rozwiązania dodatkowych problemów projektowych postawionych przez prowadzącego ćwiczenie.

ZALICZENIE ĆWICZENIA

1. Zaliczenie kolokwium wstępnego oraz poprawne wykonanie zadań laboratoryjnych postawionych przez osobę prowadzącą ćwiczenie.
2. Złożenie sprawozdania, zawierającego zwięzły opis wykonanych zadań, wnioski i poprawne odpowiedzi na postawione pytania.

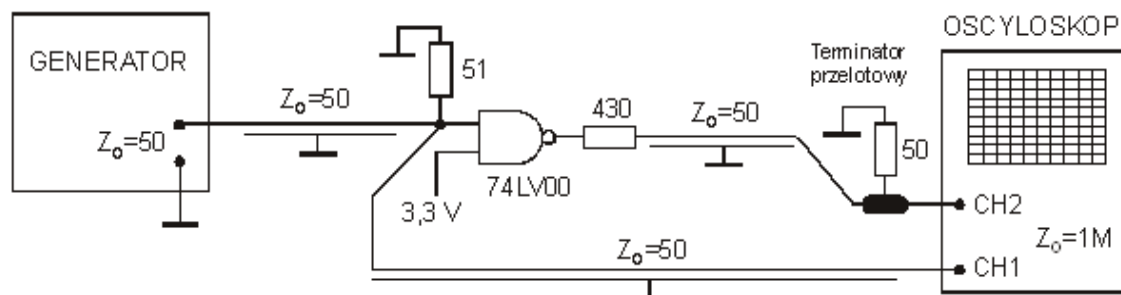
ZADANIA LABORATORYJNE

1. Metodą oscyloskopową wyznaczyć charakterystykę przejściową bramki $U_o = f(U_i)$. Odczytać poziomy napięć wyjściowych w stanach 0 i 1 oraz wartość wejściowego napięcia przełączenia bramki U_T .



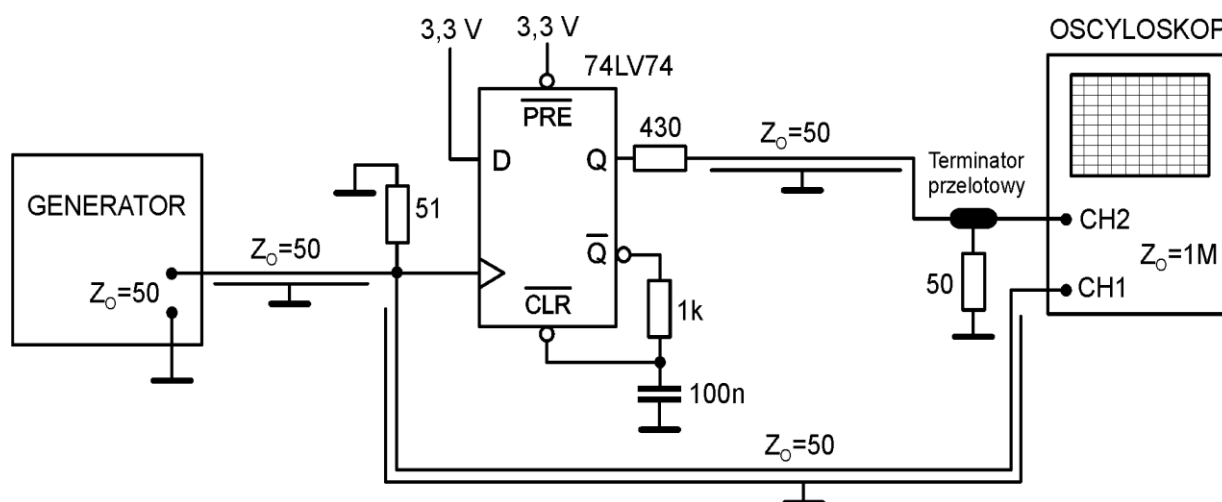
Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyki przejściowej bramki w stanach 0 i 1

2. Zmierzyć czasy propagacji bramki t_{pHL} i t_{pLH} przy różnych wartościach obciążenia pojemnościowego. Obliczyć czasy propagacji t_p .



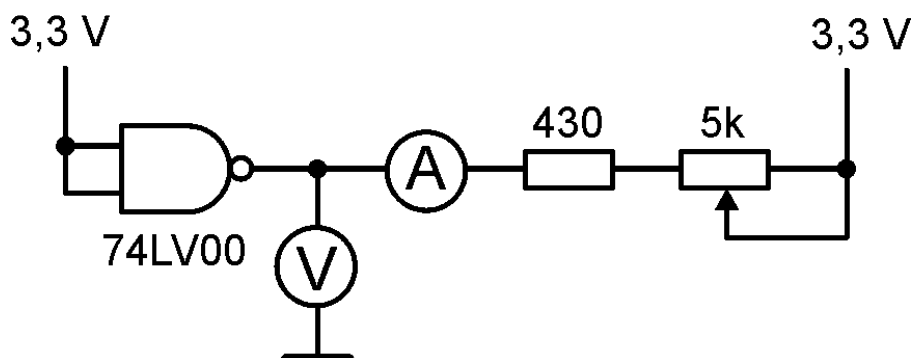
Rys. 3. Schemat układu pomiarowego do pomiarów czasów propagacji t_{pHL} i t_{pLH}

3. Zmierzyć czas propagacji przerzutnika t_{pCQ} . Do badań zastosować scalony przerzutnik D (74LV74) w układzie monowibratora.



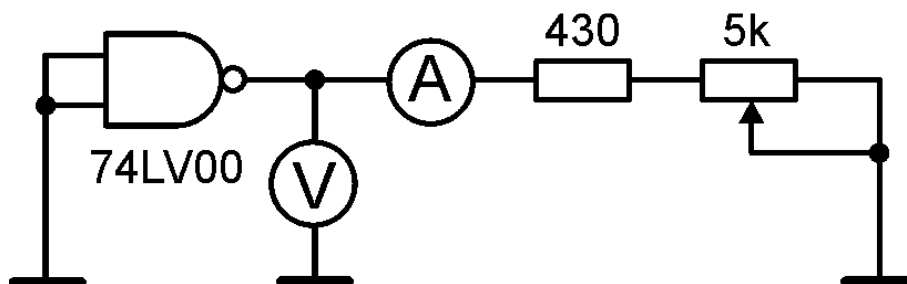
Rys. 4. Schemat układu pomiarowego do pomiaru czasu propagacji t_{pCQ}

4. Dokonując pomiarów napięć i prądów, wyznaczyć charakterystykę wyjściową bramki w stanie 0. Na podstawie otrzymanej charakterystyki $U_{OL}=f(I_{OL})$ obliczyć zastępczą rezystancję wyjściową R_{OL} .



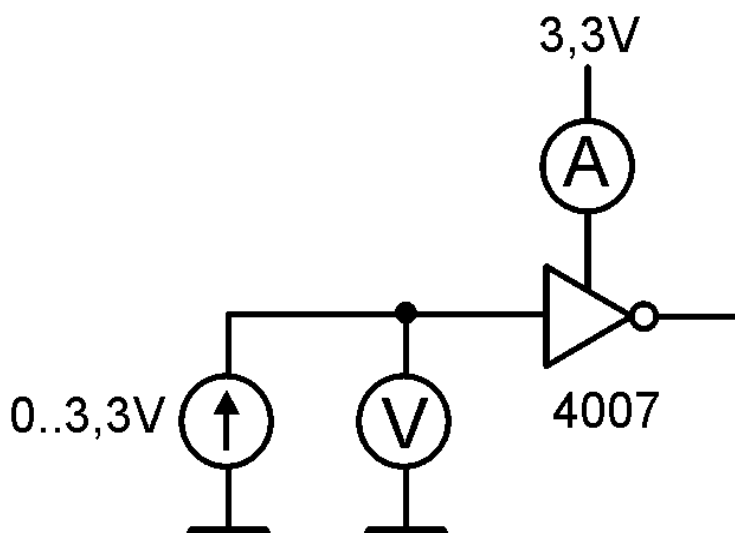
Rys. 5. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyki wyjściowej bramki w stanie 0

5. Dokonując pomiarów napięć i prądów wyznaczyć charakterystykę wyjściową bramki w stanie 1. Na podstawie otrzymanej charakterystyki $U_{OH}=f(I_{OH})$ obliczyć zastępczą rezystancję wyjściową R_{OH} .



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego do wyznaczenia charakterystyki wyjściowej bramki w stanie 1

6. Wyznaczyć charakterystykę bramki $I_{CC}=f(U_I)$. Do badań zastosować inwerter zbudowany w oparciu o układ 4007.



Rys. 7 Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyki bramki $I_{CC}=f(U_I)$

IV. ZAGADNIENIA DO OPRACOWANIA PRZED PRZYSTĄPIENIEM DO ĆWICZENIA

1. Parametry elektryczne i czasowe bramki logicznej.
2. Zjawisko metastabilności.
3. Na czym polega zjawisko hazardu w układach logicznych?
4. Na czym polega hazard statyczny w zerach oraz w jedynkach?
5. Na czym polega hazard dynamiczny?
6. Narysować schematy układów wykorzystujących występowanie czasu propagacji bramki logicznej.

V. LITERATURA I MATERIAŁY POMOCNICZE

1. Materiały wykładowe.
2. J. Kalisz: Podstawy elektroniki cyfrowej, WKŁ, Warszawa 2007.
3. T.L. Floyd, Digital Fundamentals, Pearson Education, 2015.
4. J. Tyszer: Układy cyfrowe, Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2000.
5. J.F. Wakerly: Digital Design, Principles and Practices, 4th Edition, Pearson/Prentice Hall, 2005.
6. J. Tyszer, G. Mrugalski, Układy cyfrowe, Zbiór zadań z rozwiązaniami, wyd. Politechniki Poznańskiej, 2004.