

1. Funktory TTL

Rodzina układów TTL stała się podstawą licznych aplikacji techniki cyfrowej. Obecnie produkowanych jest szereg jej wersji różniących się szybkością, poborem prądu czy przystosowanych do zasilania 3.3V. Niezależnie od wersji mamy identycznie definiowane parametry statyczne i dynamiczne. W ćwiczeniu używamy układów serii „LS”.

Funktory TTL (bramki) – scalone układy elektroniczne realizujące funkcje algebry Boole’a.

Badane będą:

- funktor (bramka) z wyjściem aktywnym
- funktor (bramka) wyjściem typu otwarty kolektor (Open Collector)
- funktor (bramka) z wejściem typu Schmidta (posłużono się tu funktorem z serii HCT - zamienniki rodziny TTL w wersji CMOS) ze względu na większą szerokość strefy histerezy.
- funktor z wyjściem trójstanowym prezentowany jest natomiast, ze względów technicznych, jako realizacja w rodzinie układów CMOS.

Wypożyczenie stanowiska:

- model: „Funktory TTL”,
- zasilacz 8 – 15V ,
- oscyloskop typ Rigol DS1052E (pasmo 50MHz),
- generator GFG-3015 – TTL OUTPUT: Level > 3 Vpp , regulowana częstotliwość i „Duty”
 - multimetry M1/M2, zaciski V/ Ω i com są oznaczane w tekście jako $\oplus$ i $\ominus$. (MY-64)

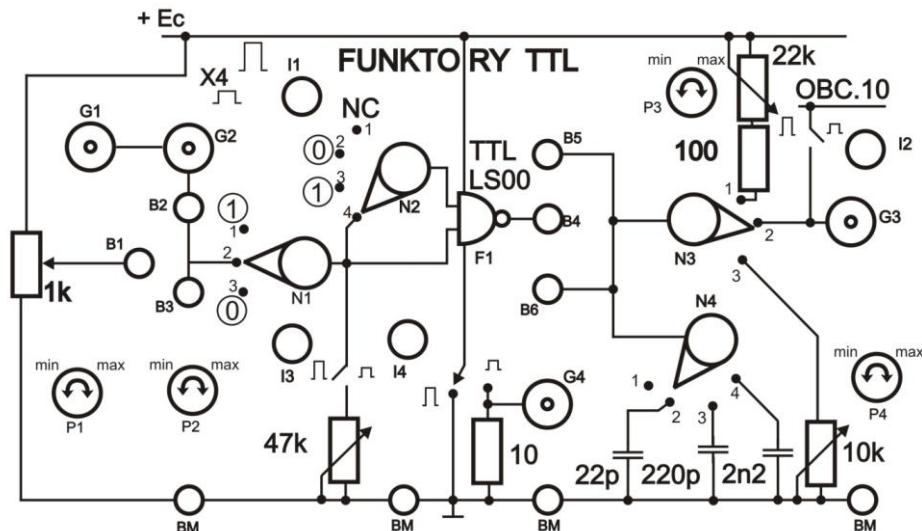
Przyjęte zostały oznaczenia:

! Zadanie laboratoryjne.

| Opis wykonawczy.

1.1 Funktory z wyjściem aktywnym

Schemat płyty czołowej modelu do badania „Funktora TTL z wyjściem aktywnym” przedstawia rys. 1.1.



1.1.1 Funkcja logiczna

! Określić funkcję logiczną. Użyć oznaczeń 0/1 dla wejść i wyjścia.

| M1: zakres 20V, $\oplus$ do B4 a $\ominus$ do BM, I1, I3, I4 wyłączone. Zmiany stanów logicznych dokonać za pomocą N1 i N2.

a (przełącznik N1)	b (przełącznik N2)	F (wyjście B4) w [V]	F stan logiczny

$F_{(a,b)} =$

1.1.2 Charakterystyka wejściowa

! Na podstawie pomiarów narysować charakterystykę prądowo-napięciową wejścia bramki.

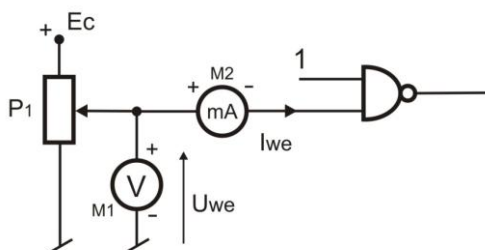
! Pomiary przeprowadzić w układzie jak na rys. 1.2.

| M1: napięcie stałe V =, zakres 20V, $\oplus$ do B3, $\ominus$ do BM. N1 poz. 2. N2 poz. 3. M2: prąd stały A =, zakres 2mA, $\oplus$ do B1, $\ominus$ do B2. I1, I3, I4 wyl.

| Dla kolejnych nastaw P1 odczytać wskazania M1/M2. Pomiarów dokonać zgodnie ze skalą dla U_{we} 0 ÷ 2,4 V.

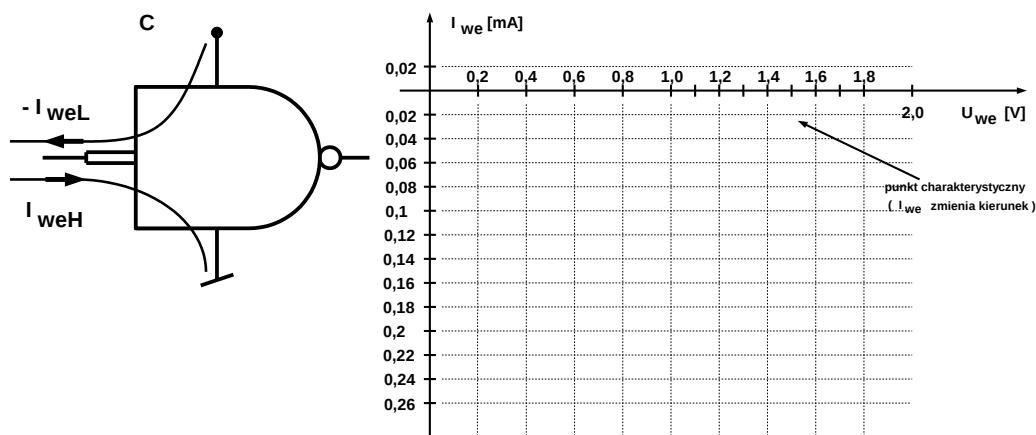
| Regulować potencjometrem P₁ tak, aby U_{we} zmieniało się 0 ÷ około 2 V (do momentu aż prąd I_{we} zmieni kierunek).

| Odczytać I_{we} dla $U_{we} = 0$ V



Rys. 1.2 Układ do pomiaru charakterystyki wejściowej.

Wyniki pomiarów nanieść na wykres (rys. 1.3).



Rys. 1.3 Charakterystyka wejściowa bramki.

Określić z wykresu kierunki prądów dla napięć nominalnych (typowych) poziomu niskiego i wysokiego ($U_L=0$ V, $U_H=3,4$ V). Podać, dla jakiego napięcia wejściowego (U_{weP} – próg przełączania bramki) prąd zmienia kierunek.

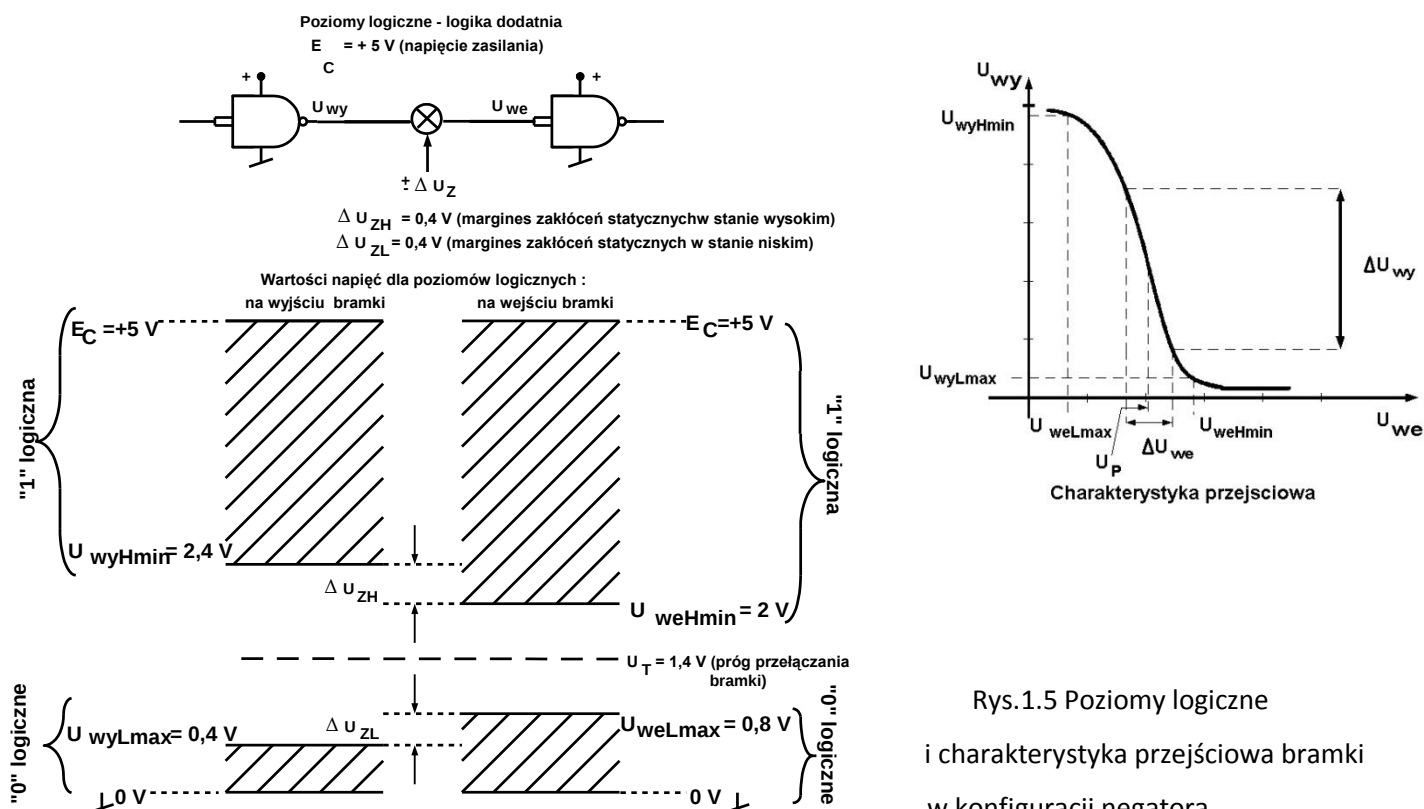
I_{weL} [mA]	U_{weP} [V]	I_{weH} [mA]
		0,01*

*Poza zakresem pomiarowym, przyjąć najmniejszą możliwą wartość dla zakresu 2mA.

1.1.3 Charakterystyka przejściowa

a) Ogólne omówienie

Jest to zależność U_{wy} od U_{we} dla funkтора w konfiguracji negatora (zwykle zwarte wszystkie wejścia). Z charakterystyką przejściową (nazywaną też statyczną) wiąże się poziomy logiczne dla obu stanów. Na jej podstawie określa się marginesy zakłóceń statycznych, a także wzmacnienie funkтора w zakresie przełączania (przejściowym). Zostało to zebrane na rys. 1.5.



Rys.1.5 Poziomy logiczne i charakterystyka przejściowa bramki w konfiguracji negatora.

Producenci układów definiują następujące poziomy napięć:

- znamionowe (U_L/U_H)
- gwarantowane wyjściowe ($U_{wy\ max}/U_{wy\ min}$, odpowiednio dla stanów L/H)
- akceptowane wejściowe ($U_{we\ max}/U_{we\ min}$, odpowiednio dla L/H)

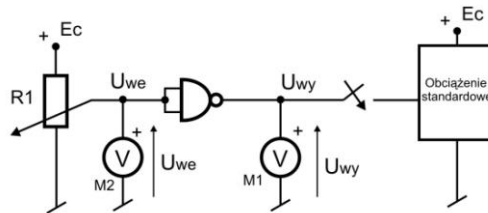
Różnice pomiędzy poziomami gwarantowanymi a akceptowanym, określają dopuszczalny margines zakłóceń statycznych ($\Delta U_{ZH}/\Delta U_{ZL}$). Napięcie U_Z dodaje się do sygnału, jego obecność to efekt np. chwilowych zmian napięcia zasilania, sprzężeń indukcyjnych i pojemnościowych pomiędzy ścieżkami czy wnikanie zakłóceń od sieci zasilającej (składowe o częstotliwości 50Hz i wyższe harmoniczne: 100Hz, 150Hz, czy nawet 250Hz). Należy zauważyć, że ujemne przyrosty ΔU_{ZL} czy dodatnie ΔU_{ZH} nie stanowią żadnego zagrożenia.

Podawane są też marginesy zakłóceń dynamicznych (impulsowych). Są to zwykle zależności ΔU_Z w funkcji czasu trwania zakłócenia. Przy krótkich czasach progi zakłóceń dynamicznych mogą znacznie przewyższać wartości statyczne z rys. 1.5. Krótki czas w tym przypadku to wartości mniejsze od czasów propagacji funktora.

Poziomy gwarantowane i akceptowane obowiązują zawsze, nawet dla najbardziej niekorzystnych warunków pracy (określonych przez producenta). W typowych warunkach funktor na wejściu jest bardziej "tolerancyjny" tj. wartości $U_{we\ max}/U_{we\ min}$ są większe/mniejsze od podawanych katalogowo.

Marginesy zakłóceń wzrastają, jeśli charakterystyka przejściowa stałaby się bardziej prostokątna (stroma), a wyrównałaby się (dla stanów L i H) gdy U_T zbliża się do $0,5E_c$ (charakterystyka symetryczna) – przypadek teoretyczny. Należy zauważyć, że funktor w obszarze przełączania staje się wzmacniaczem o dużym wzmocnieniu k_u (małe ΔU_{we} , duże ΔU_{wy}). Zakresy $\Delta U_{we}/\Delta U_{wy}$ są różnie definiowane, najczęściej odnosimy je do $U_{wy\ max}/U_{wy\ min}$. Czasem wzmocnienie określa się na podstawie nachylenia krzywej w punkcie P. Im większa wartość k_u , tym większe marginesy zakłóceń, a także zwykle krótsze czasy przełączania funktora.

Schemat pomiarowy dla charakterystyki przejściowej (statycznej) przedstawia rysunek 1.6.



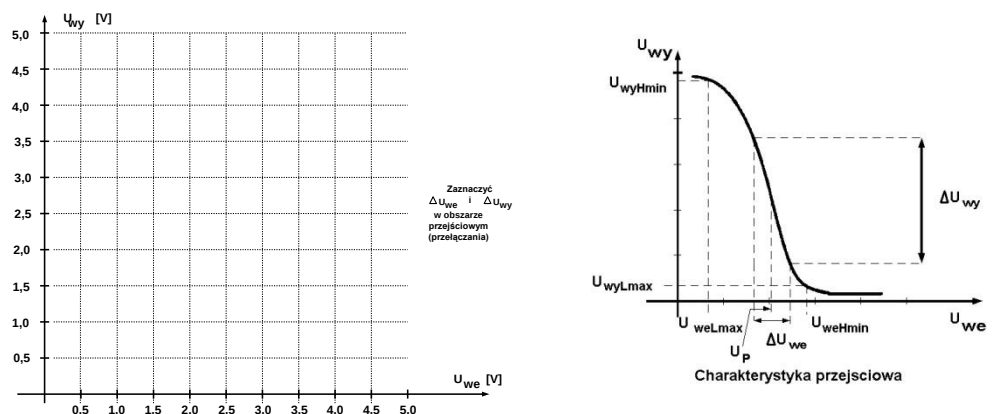
Rys. 1.6 Układ do pomiaru charakterystyki przejściowej.

b) Wyznaczanie ch-ki przejściowej

! Na podstawie pomiarów wykreślić charakterystykę przejściową. Należy zwrócić szczególną uwagę na zakres napięć wejściowych: 1–1,8V („zagęścić” pomiary). Wyznaczyć wzmocnienie bramki w obszarze przełączania (k_u).

| I3, I1, I4 wył., I2 zał. N2 poz. 4, N3 poz. 2, N4 poz. 1, a N1 poz. 2. M1: napięcie stałe $V=$, zakres 20V, $\oplus$ do B6, $\ominus$ do BM. M2: mierzy U_{we} , napięcie stałe $V=$, zakres 20V, $\oplus$ do B3, $\ominus$ do BM, zewrzeć B1 z B2 i B4 z B5.

Regulując P1 narysować wykres $U_{wy} = f(U_{we})$.



! Określić napięcia wyjściowe dla $U_{we\ L\ max}$ i $U_{we\ H\ min}$ na wejściu tj. odpowiednio dla 0,8V i 2,0V (stany L/H).

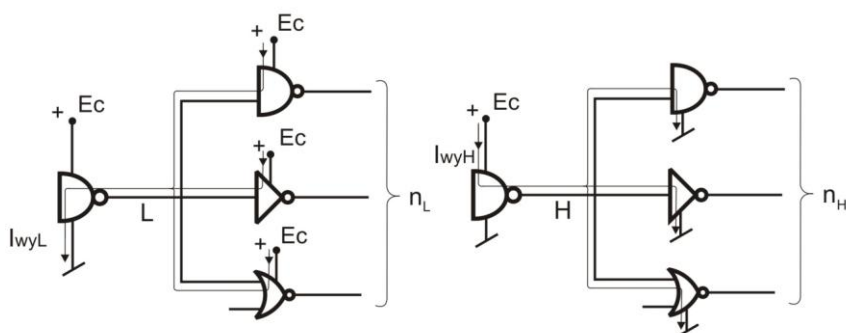
U_{we}	$U_{wy} [V] - \text{bramka bez obciążenia}$
$U_{we L \max} (U_{\max L})$	
$U_{we H \min} (U_{\min H})$	

Na podstawie wykresu wyznaczyć wzmocnienia bramki w obszarze przejściowym (dla odcinka prostoliniowego charakterystyki tj. $P_1 - P_2$).

	$\Delta U_{wy} [V]$	$\Delta U_{we} [V]$	$k_u [V/V]$	$k_u = \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta U_{we}}$
bramka nieobciążona				

1.1.4 Charakterystyki wyjściowe

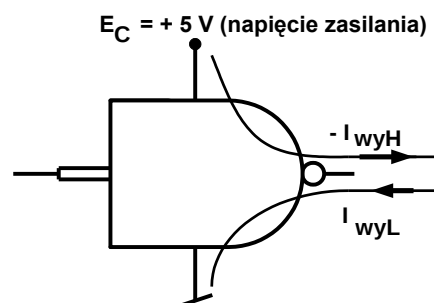
Podają one zależności prądowo-napięciowe na wyjściu bramki w stanach L i H. W stanie niskim bramka na wyjściu jest odbiornikiem prądu, a w stanie wysokim prąd z bramki wypływa (rys. 1.7).



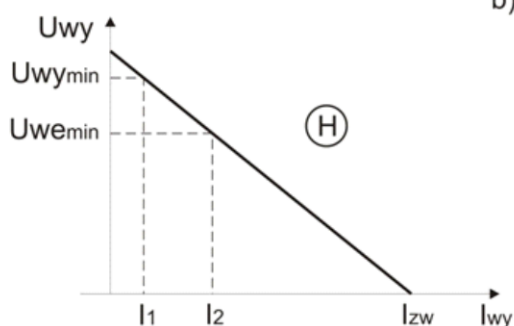
Rys. 1.7 Rozpływ prądów dla bramki w stanie niskim i wysokim.

! Wykreślić charakterystyki wyjściowe dla stanu wysokiego i niskiego. Orientacyjny kształt przedstawiają rysunki

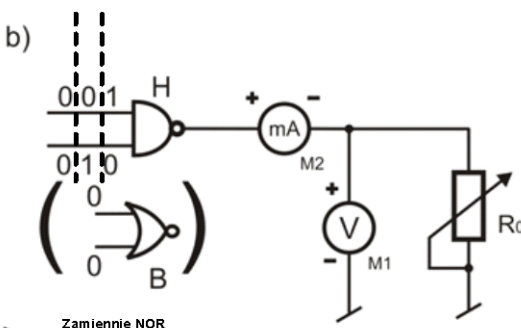
! 1.8a i 1.9a. Schematy połączeń odpowiednio na rys. 1.8b i 1.9b.



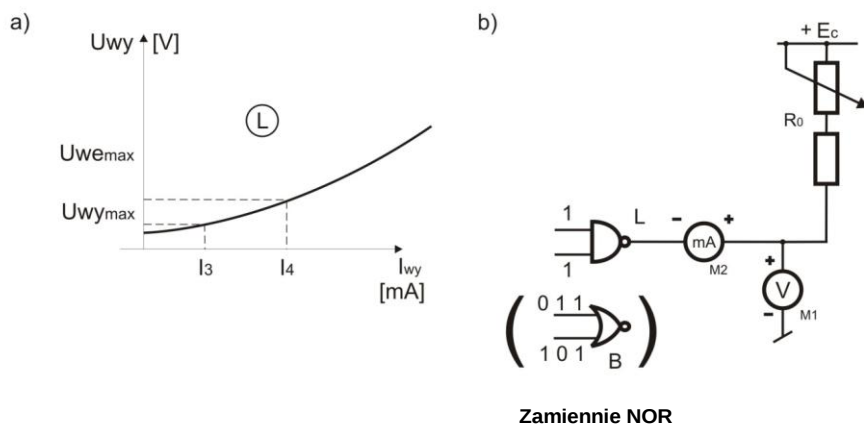
a)



b)



Rys. 1.8 Charakterystyka wyjściowa dla stanu H (a) i schemat pomiarowy (b).



Rys. 1.9 Charakterystyka wyjściowa dla stanu L (a) i schemat pomiarowy (b).

| Dla stanu wysokiego:

| Ustawić N1 poz. 3, N2 dowolnie, N3 poz. 3, N4 poz. 1. I1, I3, I4 - wył. M1: zakres 20V, ⊕ do B6, Θ do BM. P4 poz. max. M2: zakres 200mA, przewód ⊕ pomiędzy zaciskiem „mA” miernika a B4, przewód wspólny Θ do B5.

| Pomiary rozpocząć zmniejszając nastawy P4, w ich trakcie odczytać m.in. wartości prądów I1/I2 dla 2,4V i 2,0V.

| Są to odpowiednio napięcia $U_{wy\ min}$ $U_{we\ min}$, ich różnica (0,4V) określa tzw. margines zakłóceń statycznych w stanie H.

| Zmierzyć także prąd zwarcia I_{zw} dla $U_{wy}=0V$.

| Dla stanu niskiego:

| N1 poz. 1, N2 poz. 3 lub 4, N3 poz. 1, N4 poz. 1. I1, I3, I4 -wył. Ustawić P3 poz. max. M1: zakres 20V, ⊕ do B6, Θ do BM. M2 j.w., jedynie ⊕ do B5 i Θ do B4 tj. odwrócone. Pomiary rozpocząć od P3 max, w ich trakcie odczytać m.in. wartości prądów dla $U=0,4V$ i $0,8V$. Są to odpowiednio wartości $U_{wy\ max}$ $U_{we\ max}$. Ich różnica (0,4V) określa tzw. margines zakłóceń statycznych w stanie L. Zwarcie wyjścia będącego w stanie L do zasilania +5V może powodować uszkodzenie funktora – stąd obecności rezystancji zabezpieczającej (100Ω). Zmierzone wartości prądów umieścić w tabeli.

Stan log. H	I_1 [mA] czyli I_{wyH} dla U_{wyHmin} (2,4 V)	
	I_2 [mA] czyli I_{weH} dla U_{weHmin} (2 V)	
	I_{zw} [mA]	
Stan log. L	I_3 [mA] czyli I_{wyL} dla U_{wyLmax} (0,4 V)	
	I_4 [mA] czyli I_{weL} dla U_{weLmax} (0,8 V)	

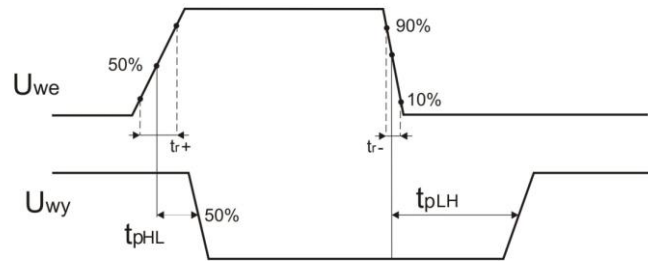
Prądy dla napięć 2,4V oraz 0,4V (tj. I_1/I_3) umieścić też w tabelce poniżej. Obok wstaw wartości prądów dla stanu H/L z charakterystyki wejściowej.

Stan log H	$U_{wy\ 2,4}$ [V]	$I_{wyH}(I_1)$ [mA]		I_{weH} [mA]		$n_H = \frac{I_{wyH}}{I_{weH}}$	
Stan log L	$U_{we\ 0,4}$ [V]	$I_{wyL}(I_3)$ [mA]		I_{weL} [mA]		$n_L = \frac{I_{wyL}}{I_{weL}}$	

Na podstawie prądów wejściowych i wyjściowych, zgodnie z warunkami podanymi powyżej obliczyć współczynniki przyłączalności wyjściowej n_H/n_L dla obu stanów. Wartość mniejsza określa n dla funkтора. Zauważyć pewny margines bezpieczeństwa w stosunku do podawanego w danych katalogowych $n=10$.

1.1.5 Casy propagacji

Funktor nie jest elementem idealnym i w związku z tym zmiana stanu na wyjściu jest opóźniona w stosunku do zmian poziomów wejściowych. Definiuje się czas propagacji t_p . Zwykle jest to wartość średnia obu zmian stanów (t_{pHL} , t_{pLH}), ponieważ casy te mogą być różne (rys. 1.10).

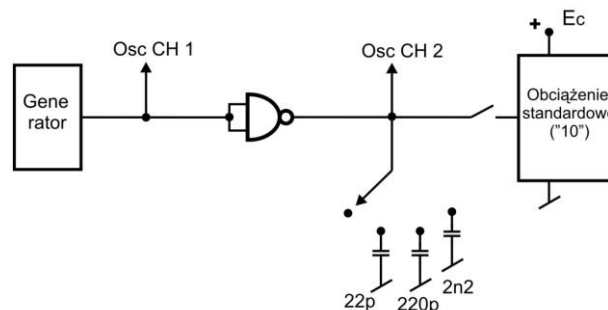


Rys. 1.10 Zdefiniowanie czasu propagacji.

! Zmierzyć casy propagacji t_{pHL}/t_{pLH} bramki dla różnych warunków. Określając te casy

! odnieść się do poziomu połowy amplitudy napięć (rys. 1.10) .

Schemat pomiarowy zgodnie z rys. 1.11



Rys. 1.11 Pomiary czasów propagacji bramki.

| N1–poz. 2, N2–poz. 4, N3–poz. 2. I1, I3, I4–wył.

| Gen.:wyjście TTL output, częstotliwość $f = 1 \text{ MHz}$, wyjście z generatora na G1. Osc.: CH1–G2, CH2 (przez sondę bierną: przełącznik sondy x10, Probe w menu dla CH2 x10) do G3,

| zewrzeć B4 z B5, I2 wył. N4 poz. 1. Otrzymane na oscyloskopie przebiegi U_{we}/U_{wy}

| odpowiednio rozszerzyć i przesunąć używając pokręteł SCALE Horizontal oraz POSITION. Do pomiaru czasu używać funkcji CURSOR. Pionowe wskaźniki ustawić na środkach zboczy U_{we}/U_{wy} – odczytać Δt .

| Określić casy propagacji dla wyjścia nieobciążonego, a następnie dołączyć obciążenie standardowe - I2 zał. (10 wejść bramek). Potem zwiększać obciążenie pojemnościowe wyjścia bramki (N4 na 2, 3 i 4). Pojemności montażowe i

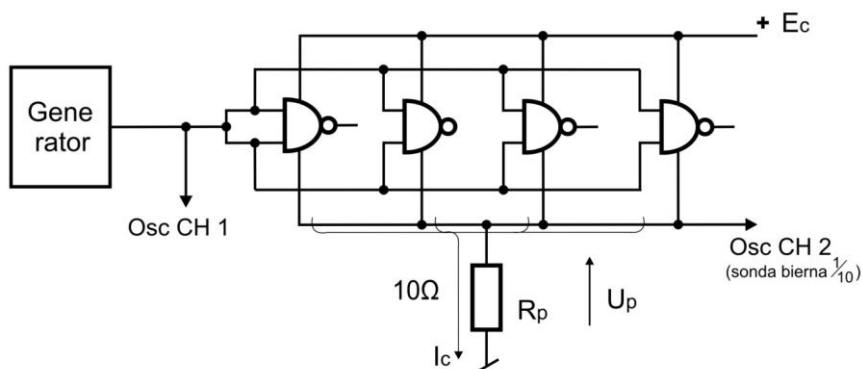
własne to zawsze rząd 20–30pF. W przypadku większego obciążenia pojemnościowego odpowiedniemu wydłużeniu ulegają czasy propagacji. Wyniki pomiarów umieścić w tabeli.

	t_{pHL} [ns]	t_{pLH} [ns]	t_p [ns]
wy nieobciążone			
obciążenie „10”			
obciążenie „10” + 22pF			
obciążenie „10” + 220pF			
obciążenie „10” + 2n2pF			

Należy zauważyć, że decydujący wpływ na czas propagacji ma pojemność obciążająca.

1.1.6 Pobór prądu zasilania.

Prąd zasilania pobierany przez bramkę w stanach L i H (na wyjściu) jest stosunkowo niewielki. Największy pobór prądu następuje w trakcie zmiany stanu bramki. W celu pomiaru prądu w szereg z zasilaniem bramki dołączony jest rezystor 10Ω. Aby pomiar był dokładniejszy, przełączane będą równocześnie wszystkie 4 bramki w układzie (rys. 1.12).



Rys. 1.12 Zasada pomiaru prądu zasilania.

! Zmierzyć wartości napięcia U_p (proporcjonalnego do prądu) dla stanów H, L oraz przy zmianach stanu (H/L i L/H).

| I1 zał., co spowoduje, że wszystkie 4 bramki układu scalonego będą sterowane identycznie.

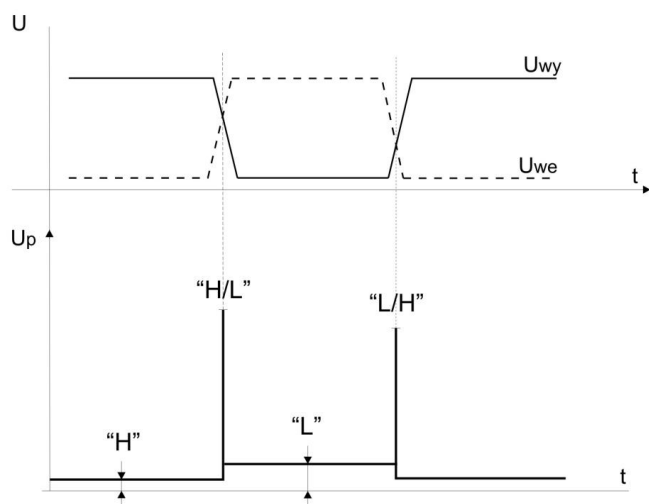
| Gen: TTL Output, częstotliwość $f = 100\text{kHz}$, do G1. Osc.: CH1 do G3,

| CH2 do G4 (sonda bierna przełącznik sondy x 10, Probe w menu dla CH2 x10), I4 zał., I3 wył. N1 poz. 2, N2 poz. 4, N4 poz. 1, połączone B4–B5, N3 poz. 2, I2 zał.

| Orientacyjne przebiegi czasowe przedstawiono na rys. 1.13. Elementy do tabeli zmierzyć posługując się poziomymi wskaźnikami (funkcja CURSOR), dolny umieszczając przy strzałce poziomu zerowego, a drugi przesuwając w odpowiednie miejsce. Na podstawie pomiarów wypełnić tabelę.

Jeżeli w sygnale na CH2 będą widoczne zakłócenia uniemożliwiające pomiar to na oscyloskopie ustawić:

W polu “MENU” Funkcja „Acquire” → Acquisition „Average” → Averages “256” → Sampling “Equ-Time” → Memory Dept “Long Mem”.



Rys.1.13 Prąd zasilania bramki w funkcji napięcia wyjściowego.

U_{wy}	U_p [mV]	I_c [mA] = $\frac{U_p[\text{mV}]}{10\Omega}$	$\frac{1}{4} I_c$ [mA]
H			
L			
H/L			
L/H			

Skomentować otrzymane wyniki.