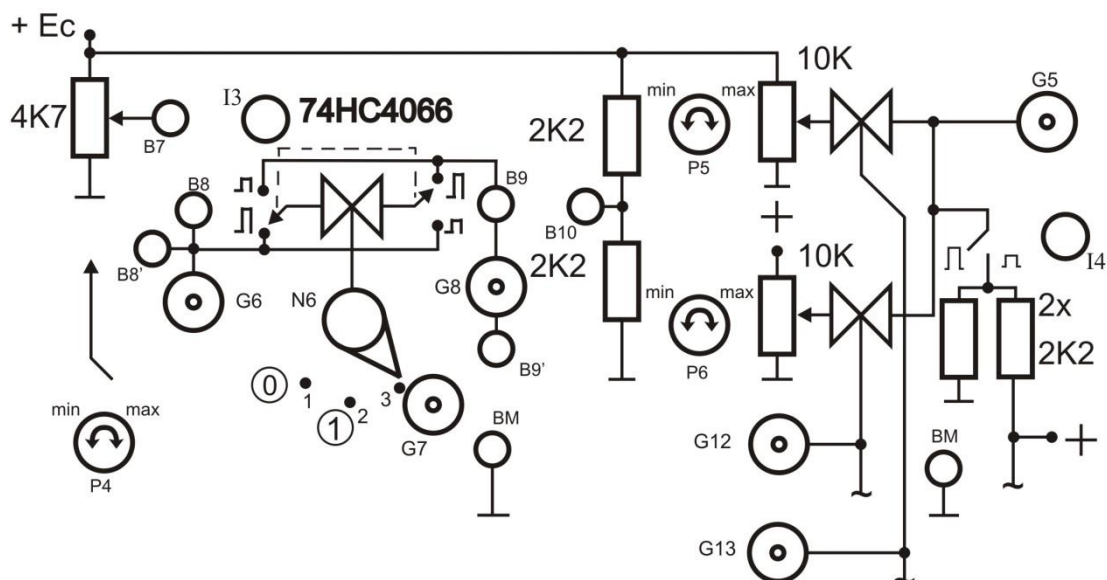
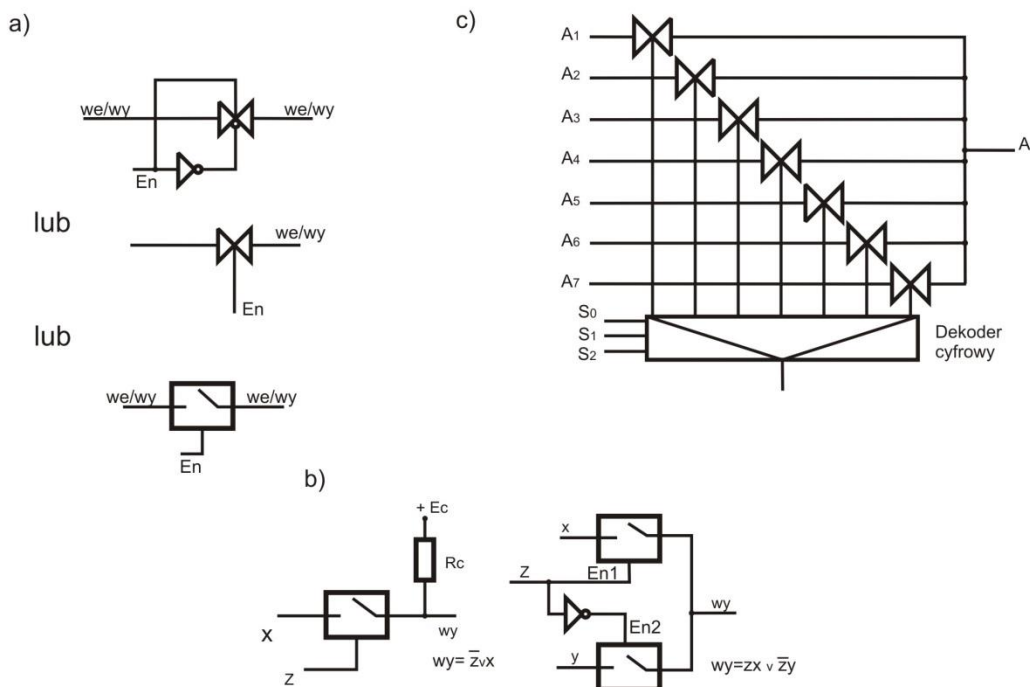


5. Funktory CMOS cz.3

2.3 Bramka transmisyjna (wszystkie pomiary dla $E_C = 4,5\text{ V}$)



Bramka transmisyjna nie realizuje żadnej funkcji logicznej, lecz pełni funkcje przełącznika: zwarty/rozwarty. W związku z tym musi dysponować wejściem sterującym, zaś obie końcówki takiego przełącznika powinny być zamienne. Oznaczenie bramki transmisyjnej przedstawiono na rys. 2.18. Bramka transmisyjna jest w stanie zwarcia gdy $En=1$.



Rys. 2.18 Oznaczenie bramki transmisyjnej (a), wykorzystanie bramek transmisyjnych do realizacji funkcji (b), multiplekser analogowy (c).

Jak widać, bramkę stosuje się zwykle w konfiguracji dla której prąd może przepływać w obu kierunkach, a żadne z wejść/wyjść nie jest dołączone do masy lub zasilania. Dołączenie do zasilania/masy zapewniają natomiast proste „klucze” z tranzystorem pnp/npn. Bramka transmisyjna nie jest elementem idealnym. Jej rzeczywiste parametry możemy podzielić na:

a) statyczne

- rezystancja bramki załączonej i wyłączonej (R_{on}/R_{off})
- poziomy napięcia na linii sterującej E_n
- dopuszczalny prąd przepływający przez bramkę

b) dynamiczne

- czas propagacji we/wy
- czas propagacji E_n /wy
- współczynnik przesłuchów E_n /we-wy
- współczynnik przesłuchu we/wy (bramka wyłączona)

W ramach ćwiczenia należy przeprowadzić szczegółowe badania bramki transmisyjnej (większość parametrów z powyższej specyfikacji).

2.3.1 Symetria bramki

! Sprawdzić zamienność wejść/wyjść.

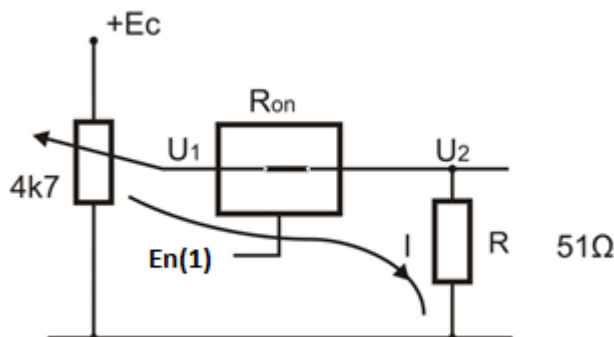
| N1 – 4,5V, Zewrzeć B7 z B8, N6 poz. 2 ($E_n=1$), I3 wył., M1: zakres 20V $\oplus$ do B8', $\ominus$ do BM, I3 zał., M2: zakres 20V $\oplus$ do B9', $\ominus$ do BM, a następnie regulować P4.
| Porównywać oba mierzone napięcia. Następnie odwrócić końcówki bramki (I3 zał.) i ponownie sprawdzić działanie.

Ponieważ rezystancja miernika jest o kilka rzędów wyższa od rezystancji bramki załączonej (R_{on}), na „wejściu” i „wyjściu” zostaną zmierzone identyczne wartości napięć.

2.3.2 Rezystancja załączonej bramki transmisyjnej

! Zmierzyć rezystancję bramki załączonej R_{on} . Rezystancję mierzy się w układzie jak na rys. 2.19.

| N1 – 4,5V, I3 poz. dowolna, zewrzeć B7 z B8 i B9 z B12, I9 zał., N6 poz. 2,
| Dołączyć rezystor zewnętrzny $51\ \Omega$ między B9' i BM. M1: zakres 20V $\oplus$ do B8', $\ominus$ do BM. M2: zakres 20V $\oplus$ do B9', $\ominus$ do BM, a następnie regulować P4.



Rys. 2.19 Układ do pomiaru R_{on} bramki transmisyjnej.

Z warunku stałego prądu I wynika proporcja:

$$\frac{U_1 - U_2}{R_{on}} = \frac{U_2}{R} \Rightarrow R_{on} = R \frac{U_1 - U_2}{U_2}$$

! Wyznaczyć wartość R_{on} .

U_1 [V]	U_2 [V]	R [Ω]	R_{on} [Ω]
		51	

Wartości rezystancji bramki w stanie wyłączenia nie podaje się. Definiowany jest zwykle maksymalny prąd upływności, który może wtedy przepłynąć przez bramkę. Wynosi on w najgorszym przypadku $1\mu A$, co odpowiada rezystancji rzędu megaomów.

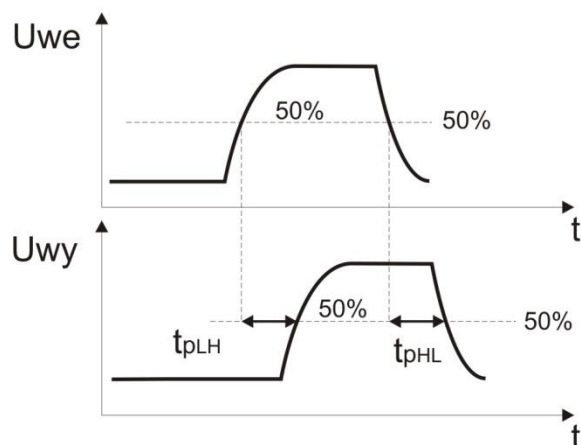
! Zmierzyć prąd upływności bramki.

| N1 – 4,5V, I3 poz. dowolna, połączyć B7 z B8, wyłączyć bramkę (N7 poz. 1),
 | pomiędzy B9 a B10 multimetr na zakresie prądowym (2mA-polaryzacja dowolna).
 | Regulować P4, sprawdzić wartość płynącego prądu, przy wskazaniu 000 prąd upływności jest mniejszy od $1\mu A$.

2.3.3 Własności dynamiczne bramki transmisyjnej

! Zmierzyć czas propagacji sygnału przez załączoną bramkę ($E_n=1$) - rys. 2.20.

! Sprawdzić, że zmiana końcówek bramki niczego nie zmienia.

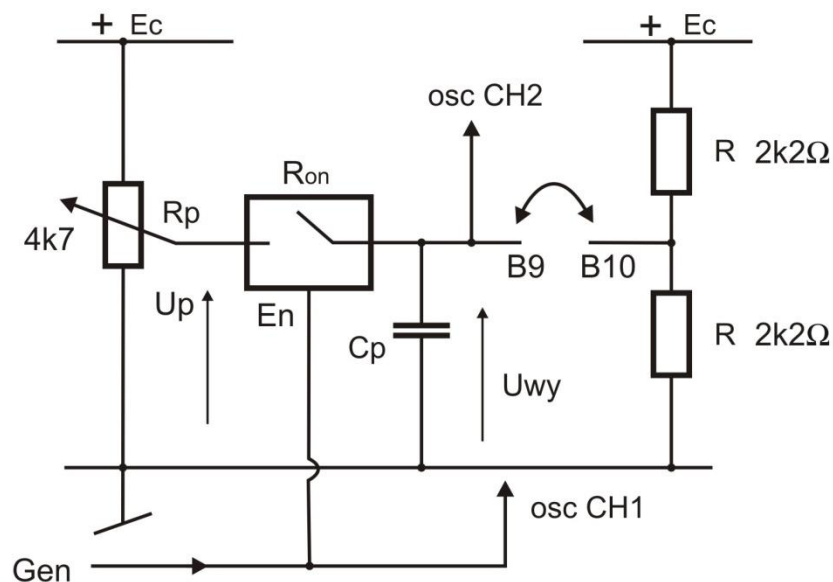


Rys. 2.20 Zdefiniowanie czasu propagacji bramki transmisyjnej.

| N1 – 4,5V, N6 poz. 2. Gen.: TTL: HiLev = 4,5V; LoLev = 0 V; wypełnienie = $\frac{1}{2}$; $f = 4MHz$ podłączyć do G6 (trójnik). Osc.: CH1 do G5, CH2 do G8 (sonda bierna).

	t_p [ns]	Średni czas t_p [ns]
H→L		
L→H		

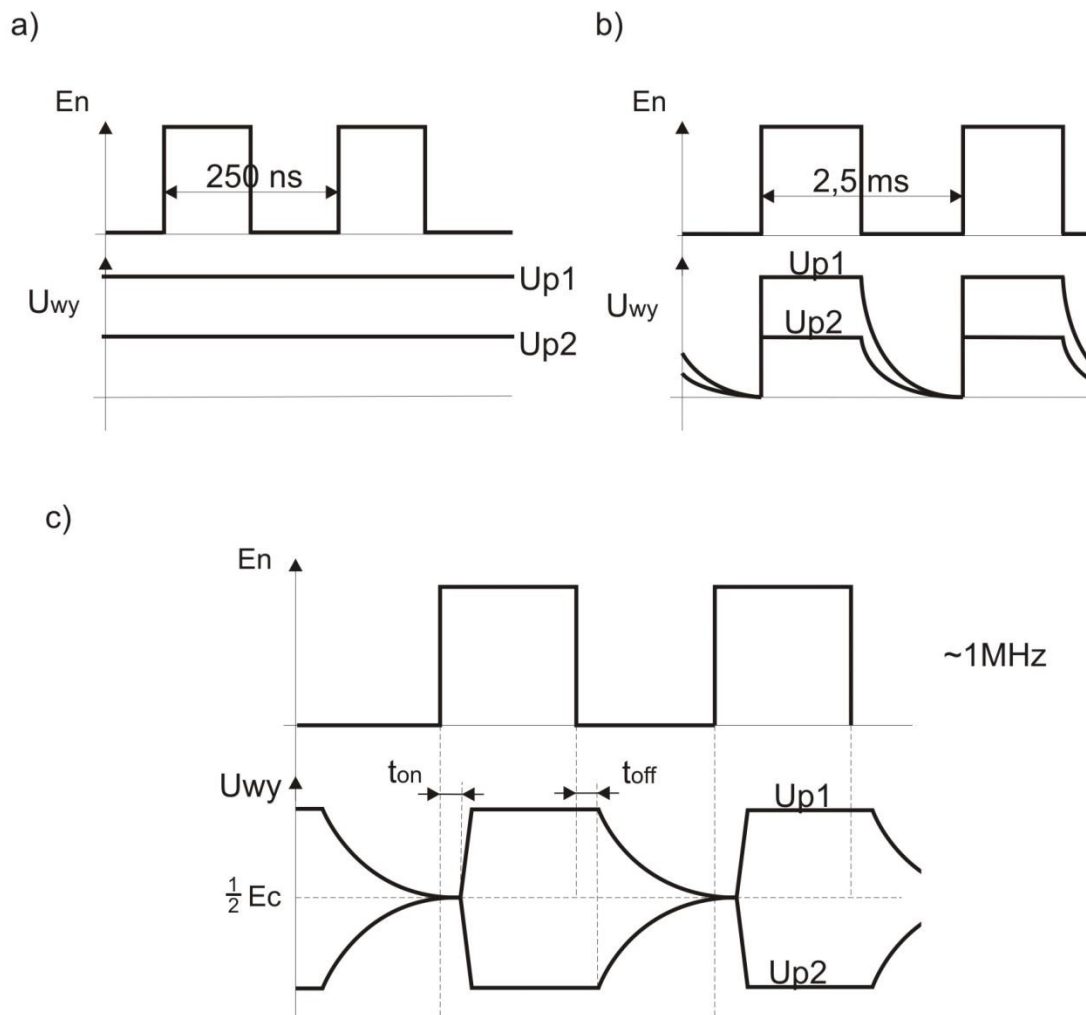
Definiuje się także czasy załączenia t_{on} i wyłączenia t_{off} (reakcja na sygnał sterujący). Czasy te należy rozpatrywać w odniesieniu do konfiguracji pracy (rys. 2.21).



Rys. 2.21 Konfiguracja pracy bramki transmisyjnej w modelu laboratoryjnym.

Jeżeli częstotliwość generatora będzie rzędu kilku MHz, a dzielnik R/R nie zostanie dołączony, to na ekranie (oscyloskop CH2) zaobserwuje się kreskę poziomą. Wynika to z faktu, że w trakcie załączania bramki pojemność C_p naładuje się przez niewielką rezystancję R_{on} (zmierzoną wcześniej) do napięcia U_p , a przez krótki czas wyłączenia pojemność ta nie jest w stanie rozładować się do zera przez rezystancję oscyloskopu ($10M\Omega$) – rys. 2.22a. Jeśli zmniejszy się częstotliwość do rzędu setek Hz to w czasie wyłączenia napięcie U_{wy} uzyska poziom zerowy (rozładowanie przez rezystancję sondy oscyloskopu) – rys. 2.22b.

Podłączając dzielnik R/R zapewnia się stałą czasową przeładowania $T_o = (R||R)C_p = 1/2RC_p$. Będzie ona decydowała o przebiegu napięcia U_{wy} po wyłączeniu bramki. Stosując odpowiednią częstotliwość generatora (MHz) można zmierzyć interesujące nas czasy propagacji (rys. 2.22c). Czas t_{on} jest bezpośrednio widoczny. Natomiast czas t_{off} to czas, od którego zaczyna się eksponencjalna zmiana napięcia U_{wy} do wartości $1/2 E_C$ (dzielnik R/R).



Rys. 2.22 Przebiegi czasowe przy przełączaniu bramki transmisyjnej: bramki nieobciążone a), b), bramka obciążona c).

! Zaobserwować przebiegi na wyjściu przełączanej bramki bez obciążenia
! i z obciążeniem R/R. Zmierzyć czasy t_{on}/t_{off} . Sprawdzić, że odwrócenie
! kierunku bramki niczego nie zmienia.

| N1 – 4,5V, N6 poz. 3, zewrzeć B7 z B8.

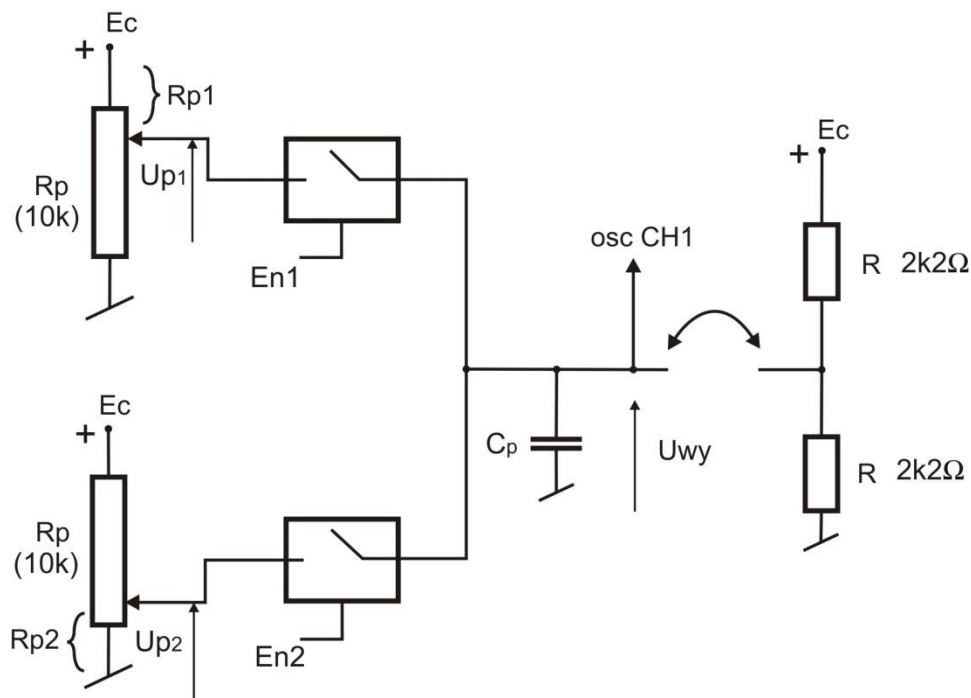
| Gen.: TTL HiLev = 4,5V; LoLev = 0 V; wypełnienie = $\frac{1}{2}$; $f = 4\text{MHz}$ | do G6 (trójnik). Osc.: CH1 do G6, CH2 do G8 (sonda bierna).

| Zaobserwować przebieg U_{wy} dla różnych nastaw P4, sprawdzić, że przełączenie końcówek bramki (I3) niczego nie zmienia. Teraz obniżyć częstotliwość do 400Hz i porównać zaobserwowany przebieg z następnym. Zewrzeć B9 z B10 i dla częstotliwości 1MHz wyznaczyć czasy załączenia/wyłączenia bramki.

t_{on} [ns]	t_{off} [ns]

2.3.4 Współpraca bramek transmisyjnych

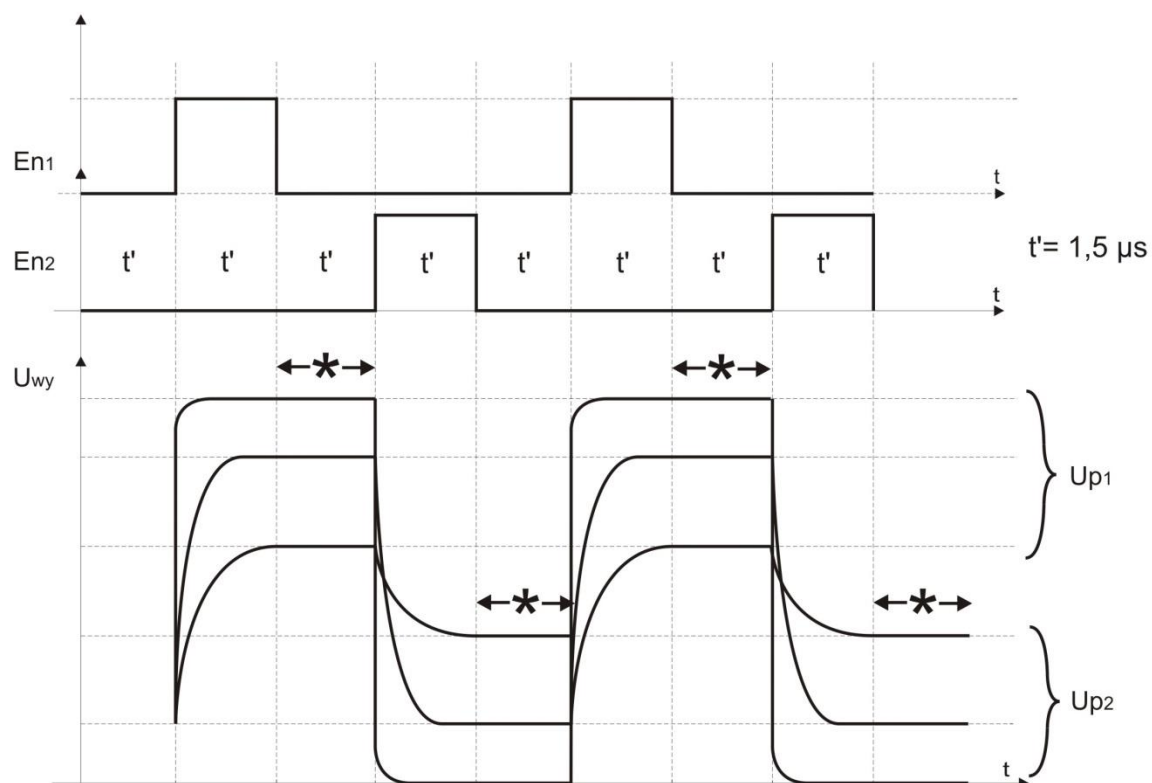
W modelu jest zainstalowany prosty multiplekser analogowy zrealizowany z dwóch bramek transmisyjnych układu 74HC4066 (rys. 2.23). Jest on sterowany naprzemiennie tymi samymi sygnałami co bramki trójstanowe (rys. 2.13b).



$$t' = 1,5\mu s$$

Rys. 2.23 Multiplekser analogowy (a) i przebiegi sterujące (b)

Analizując przebiegi na wyjściu 2 bitowego multipleksa należy rozważyć sytuację braku obciążenia i obciążenia „poziomującego” R/R do napięcia $1/2E_C$. Przy braku obciążenia, podczas gdy jedna z bramek zostaje załączona, pojemność C_p na wyjściu przeładowuje się do wartości U_{p1} (lub U_{p2}). Im wyższe jest napięcie U_{p1} lub niższe U_{p2} to przeładowanie następuje z coraz mniejszą stałą czasową, wynikającą z malejących wartości R_{p1}/R_{p2} . W sytuacji granicznej zmiany następują praktycznie natychmiastowo (rys. 2.24). Przy $t' = 1,5\mu s$ rozładowanie C_p przez rezystancję oscyloskopu jest niezauważalne.



* - podtrzymanie napięcia - pojemność C_p

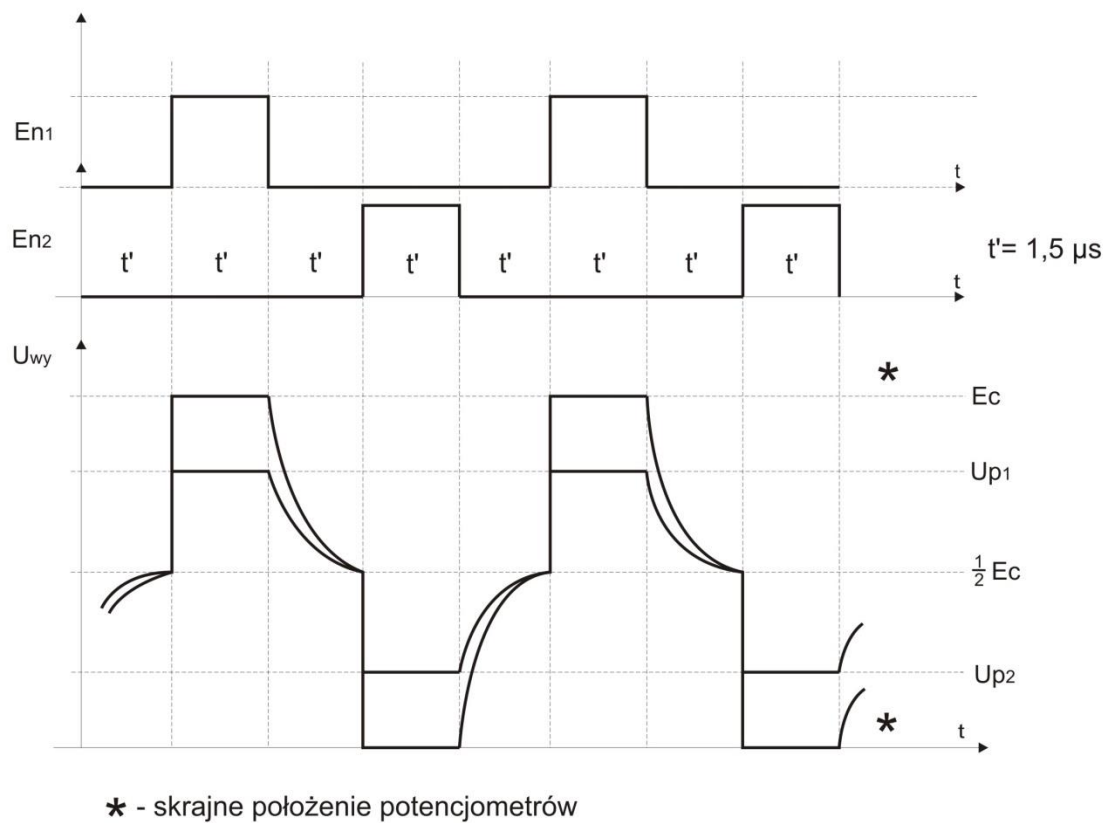
Rys. 2.24 Przebiegi na wyjściu nieobciążonego multipleksera analogowego przy różnych napięciach U_{p1}/U_{p2} .

! Zaobserwować przebiegi na wyjściu multipleksera nieobciążonego dla różnych U_{p1}/U_{p2} .

! Przebiegi odrysować, skomentować otrzymane rezultaty.

| Osc.: CH1 do G5 (sonda bierna), I4 wył. Regulować P5/P6 i obserwować
| przebieg na połączonych wyjściach bramek transmisyjnych.

Jeżeli dołączy się dzielnik R/R to podobnie jak przy pojedynczej bramce pojemność C_p nie będzie podtrzymywać napięcia U_{wy} . Przeładowywanie do połowy E_C , w czasie gdy obie bramki są wyłączone, następować będzie zawsze z tą samą stałą czasową $T_o = 1/2RC_p$ (rys. 2.25).



Rys. 2.25 Przebiegi na wyjściu obciążonego multipleksera analogowego.

! Zaobserwować przebiegi na wyjściu multipleksera obciążonego dzielnikiem R/R dla różnych U_{p1}/U_{p2} . Przebiegi odrysować i skomentować otrzymane rezultaty.

| Osc. CH1 do G5 (sonda bierna), I4 zał. Regulować P5/P6 i obserwować przebieg na połączonych wyjściach bramek trójstanowych.