

Elektronika w eksperymencie fizycznym		Rok akademicki 2012-2013
Środa 14.15-17.00	Justyna Ilczuk Jacek Rosiński	Wykonane w dniu 17.04.2013
Ćwiczenie 8	Elementy i układy przełączające	Ocena:

## 1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było poznanie parametrów przełączników elektrycznych oraz zasad działania elektronicznych układów przełączających.

## 2 Użyty sprzęt i układy pomiarowe

Hardware:

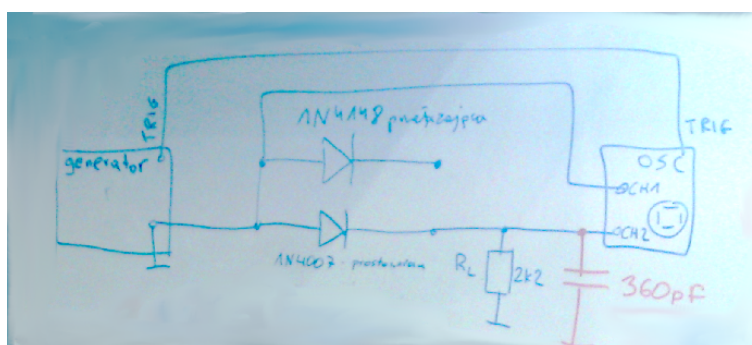
- komputer PC
- Elvis II+

Software:

- oprogramowanie od National Instruments do pomiarów na Elvisie

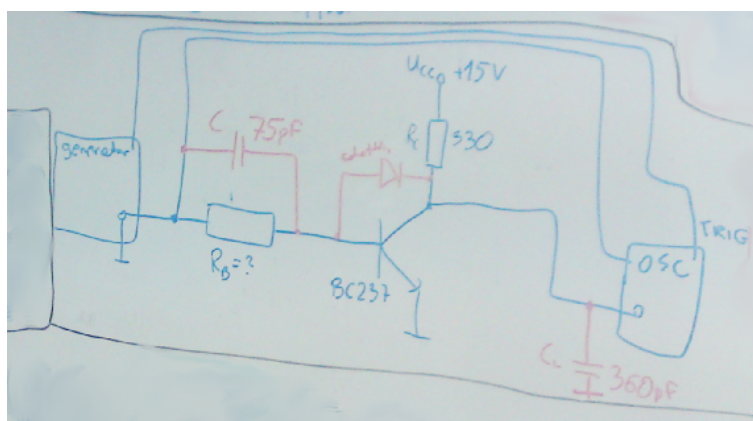
## 3 Wstęp teoretyczny

Idalnym przełącznikiem można określić takie urządzenie, podczas włączenia posiada zerową oporność, zaś podczas wyłączenia jego oporność w nieskończenie małym czasie zmienia się na nieskończoną. W układach rzeczywistych taka sytuacja nie ma miejsca. Przełączniki podczas włączenia posiadają oporność, zaś podczas wyłączenia przepływa przez nie niewielki prąd. Ponadto przełącznik posiada swoją pojemność. Stąd bierze się sporo efektów nieporządanych, które to badamy w tym doświadczeniu. W naszym doświadczeniu jako przełącznikiem posługiwaliśmy się układami:



Rysunek 1: Układ 1

Gdzie badaliśmy dwie diody podpisane na schemacie. Dzięki otrzymanym tak przebiegom można wyznaczyć czas wyłączenia  $t_{OFF} = t_1 + t_2$  diody, a także oszacować największą częstotliwość, przy której dioda przestaje pracować jako przełącznik. Układ pobudzamy sygnałem prostokątnym o częstotliwości  $50kHz$  i napięciu  $V_{pp} = 5V$ .



Rysunek 2: Układ 2

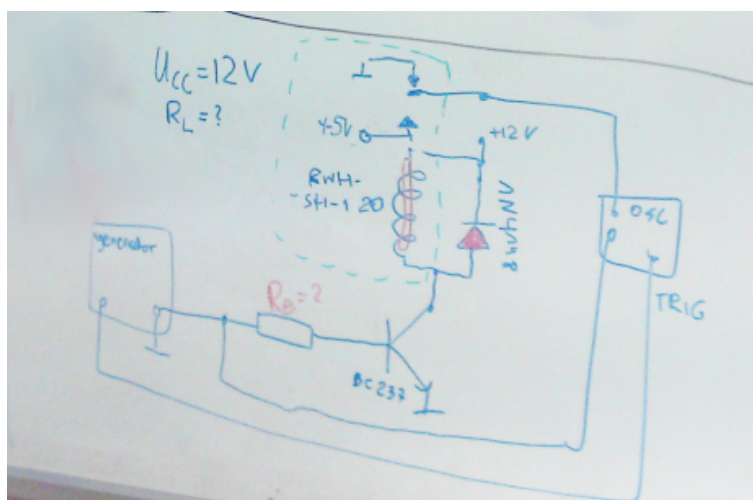
Układu drugiego użyliśmy, aby badać wpływ elementów oznaczonych na kolor czerwony w naszym układzie pobudzonym sygnałem prostokątnym. Opór  $R_B$  został wyznaczony następująco:

$$V_{pp} = 3,5V, f = 50kHz, U_c = 15V, \beta = 100, I_c = \frac{U_{cc}}{R_c}, U_{BE} = 0,7V$$

$$I_c = \beta \cdot I_B, U_{CE} = 0,1V, R_B = \frac{U_g - U_{BE}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{3,5 - 0,7}{15} \cdot 330 \cdot 100 = 6160\Omega$$

Wybraliśmy opornik najbliższy pożądanej wartości, czyli  $6k2$ .



Rysunek 3: Układ 3

Układ trzeci pobudzamy początkowo częstotliwością  $3\text{Hz}$  i napięciem  $V_{pp} = 3,5\text{V}$ . Dodatkowo do układu doprowadzamy napięcie  $U_{cc} = 12\text{V}$ . Z pomiaru omomierzem otrzymujemy opór cewki  $R_L = 406\Omega$ , który posłuży do obliczenia oporu  $R_B$ . Poza tym drobnym szczegółem obliczenia wyglądają analogicznie.

$$R_B = \frac{3,5 - 0,7}{12} \cdot 406 \cdot 100 = 9473,3\Omega$$

Wybraliśmy opornik najbliższy pożądanej wartości, czyli  $9k2$ .

## 4 Opracowanie wyników

### 4.1 Badanie diod jako przełączników

Na początku (w części pierwszej) badaliśmy układy przełączające z diodami, poniżej przedstawiamy zmierzone przebiegi dla częstotliwości  $50\text{kHz}$ .

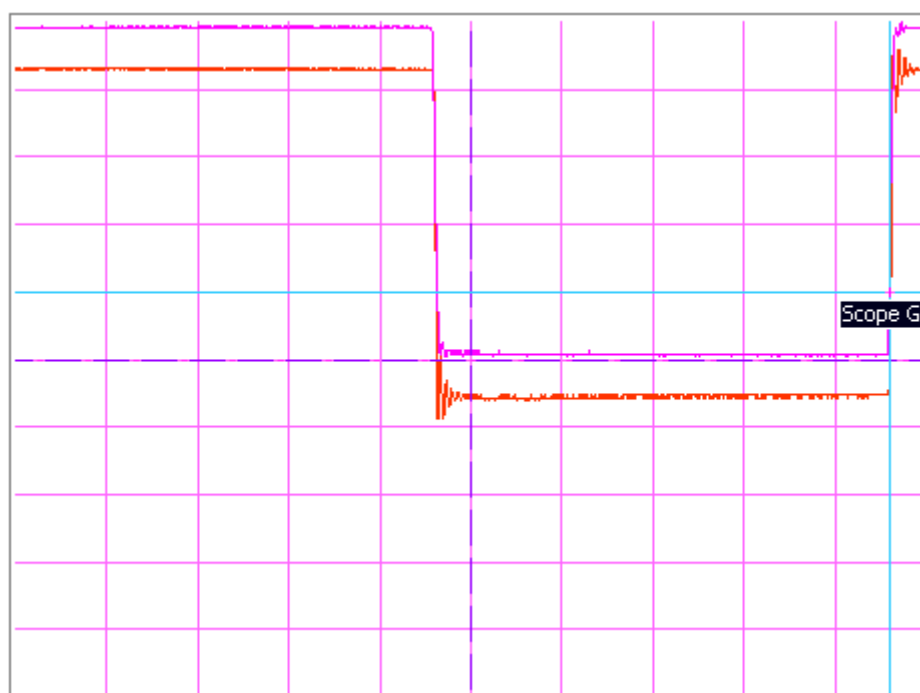
Na poniższych rysunkach 1 kratka pozioma oznacza  $2\mu\text{s}$ .

W podpisach rysunków używamy  $E_F$  i  $E_R$  oraz  $U_{max}$

$$U_{max} = E_F - E_R = 5V_{p-p}$$

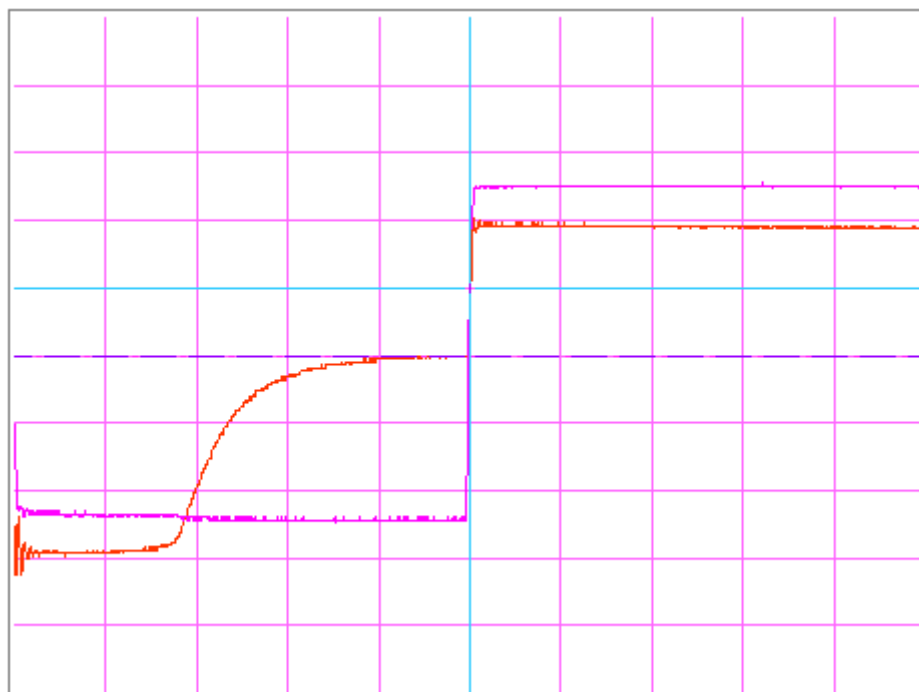
Żeby się nie powtarzać: przy pomiarze czasów występuje niepewność, wynikająca z odczytu pomiaru, którą szacujemy na  $1/10$  podziałki, co w praktyce oznacza w przełożeniu na używane przez nas jednostki, że niepewność ta dla każdego odczytu czasu wynosi  $0,2\mu\text{s}$ .

Dla diody prostowniczej:



Rysunek 4:  $E_F = U_{max}$ ,  $E_R = 0\text{V}$

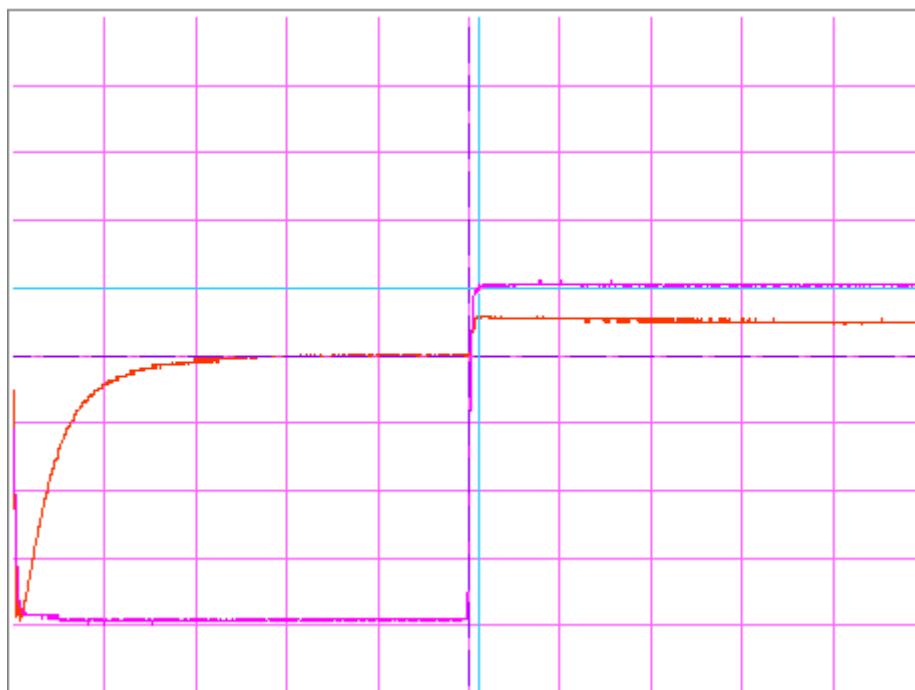
Dla tego przypadku  $t_{off}$  praktycznie można pominąć, bo nie sposób wyznaczyć go na podstawie przebiegu.



Rysunek 5:  $E_F = 0.5U_{max}$ ,  $E_R = -0.5U_{max}$

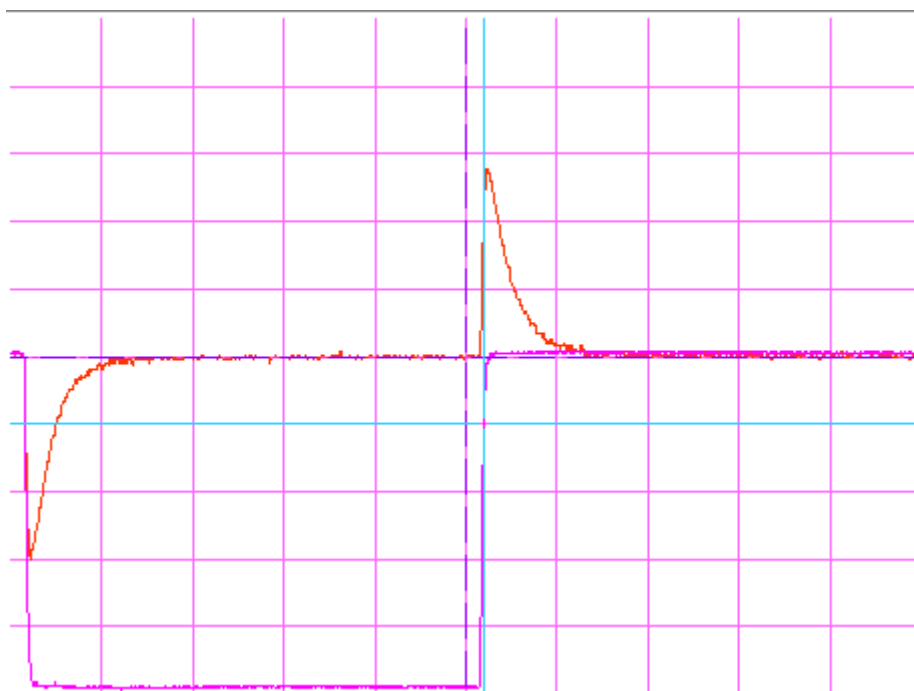
Gdy zmieniliśmy offset napięcia tak, że przełącznik był wyłączany napięciem - 2.5 V, sytuacja zdecydowanie się zmieniła i zaobserwowaliśmy następujące czasy wyłączania diody:

$$t_1 = 3.6\mu s, t_2 = 4.4\mu s, t_{off} = 8\mu s.$$

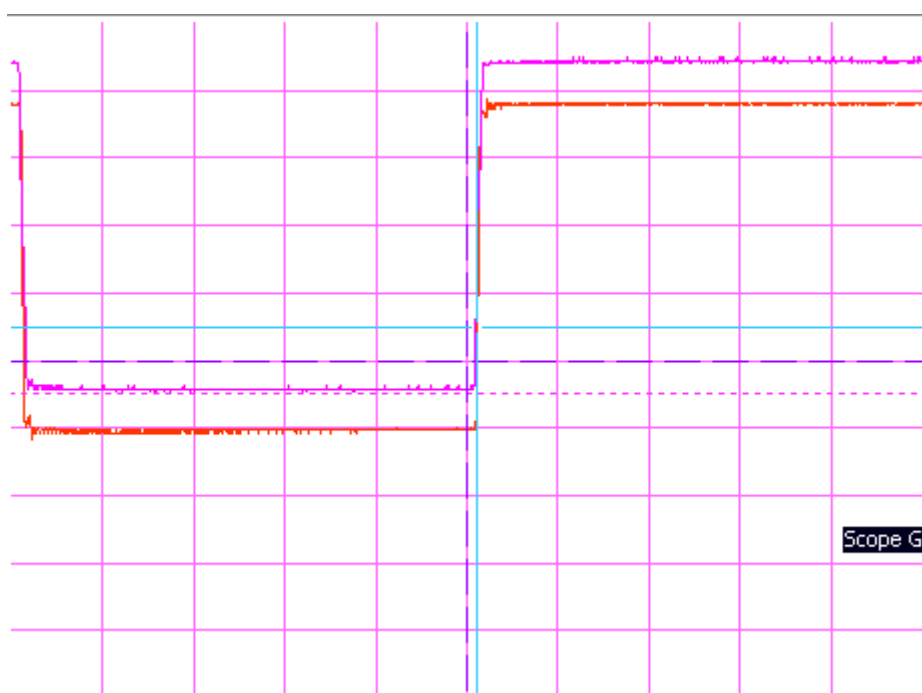
Rysunek 6:  $E_F = 1V$ ,  $E_R = -4V$ 

Dalej zmieniając offset, zauważamy, że charakterystyka przebiegu się zmienia i że  $t_1$ , traci kosztem  $t_2$ :

$$t_1 = 0\mu s, t_2 = 5\mu s, t_{off} = 5\mu s.$$

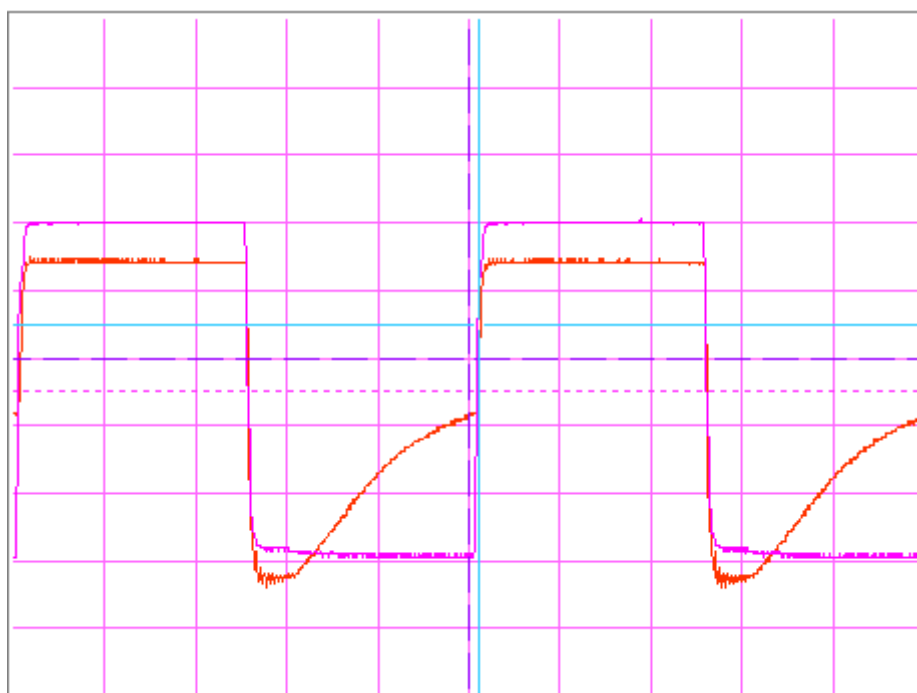
Rysunek 7:  $E_F = 1V$ ,  $E_R = -4V$ 

Dalej zmieniając offset, tak że napięcie sterujące jest mniejsze, równe 0V, obserwujemy, że dioda nie zachowuje się już jako przełącznik.

Rysunek 8:  $E_F = U_{max}$ ,  $E_R = 0V$  z dołączonym kondensatorem  $C_L = 360pF$

Ten układ różni się od pierwszego jedynie dołączonym kondensatorem  $C_L = 360pF$ . Nie dziwi zatem, że jego odpowiedź jest bardzo podobna do pierwszego układu, jeśli chodzi o różnice to, można zauważyć, że oscylacje na diodzie są mniejsze, ale poza tym jest praktycznie identycznie i czas wyłączenia diody jest podobnie mały, tak że nie ma sensu go mierzyć.

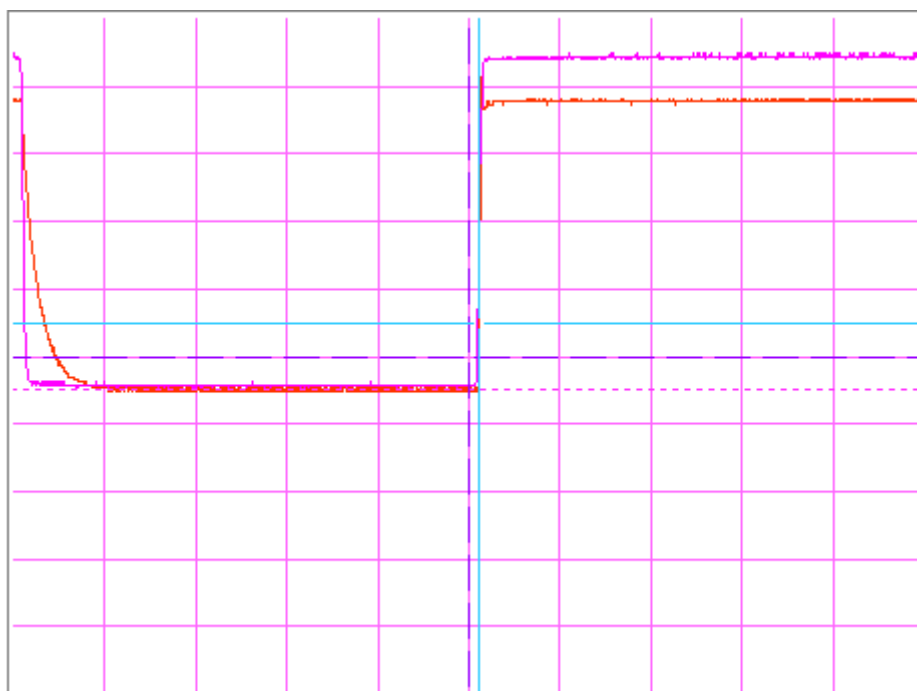
Wszystkie poprzednie pomiary były przeprowadzone dla częstotliwości 50 kHz. Naszym kolejnym zadaniem było oszacowanie najmniejszej częstotliwości, przy której dioda przestaje pracować jako przełącznik.



Rysunek 9:  $E_F = U_{max}$ ,  $E_R = 0V$  dla częstotliwości 99 kHz

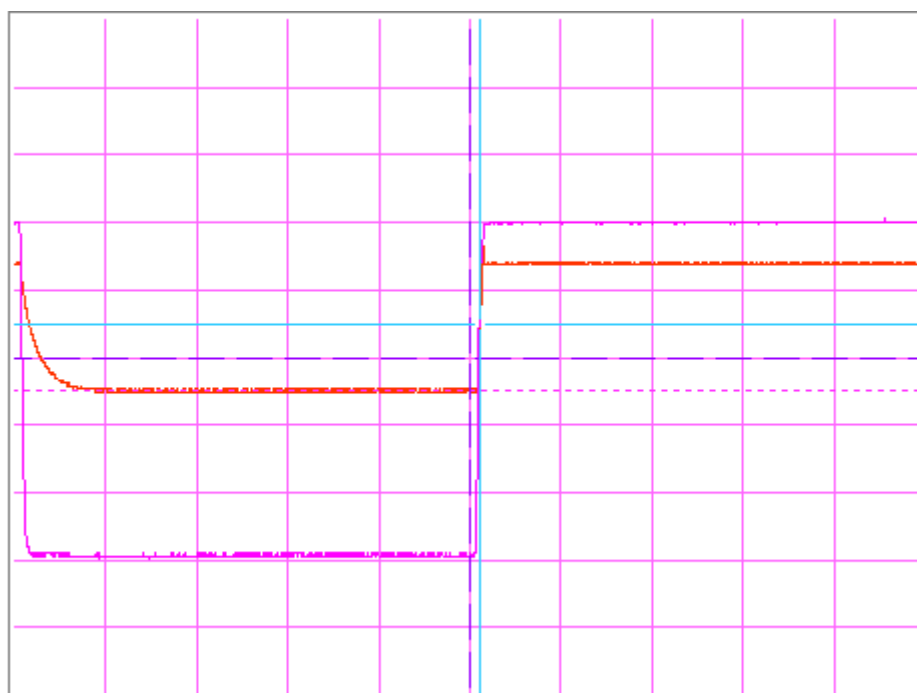
Powyższy przebieg wyraźnie wskazuje, że dioda nie pracuje tu już jako przełącznik ponieważ cały czas płynie przez nią prąd w dwie strony i nie ma chwili, kiedy prąd przez nią nie płynie, czyli ani przez chwilę nie jest naprawdę wyłączona.

**Analogiczne badania przeprowadziliśmy dla diody impulsowej.**

Rysunek 10:  $E_F = U_{max}$ ,  $E_R = 0V$ 

Dla tego przypadku  $t_{off}$  jest stosunkowo niewielki.

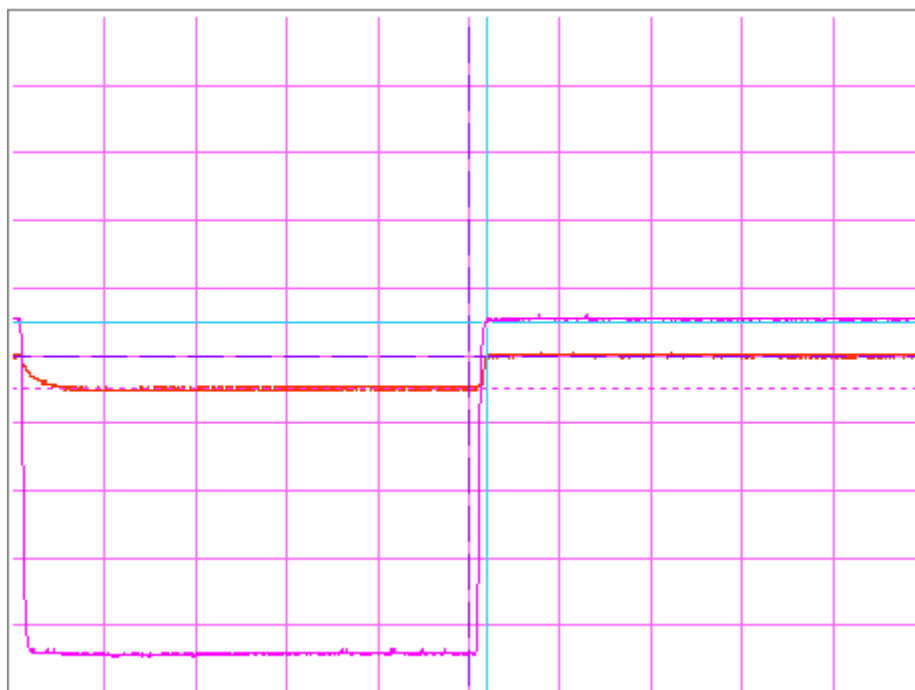
$$t_1 = 0\mu s, t_2 = 1.2\mu s, t_{off} = 1.2\mu s.$$

Rysunek 11:  $E_F = 0.5U_{max}$ ,  $E_R = -0.5U_{max}$



Gdy zmieniliśmy offset napięcia tak, że przełącznik był wyłączany napięciem - 2.5 V, czas wyłączenia diody praktycznie nie uległ zmianie:

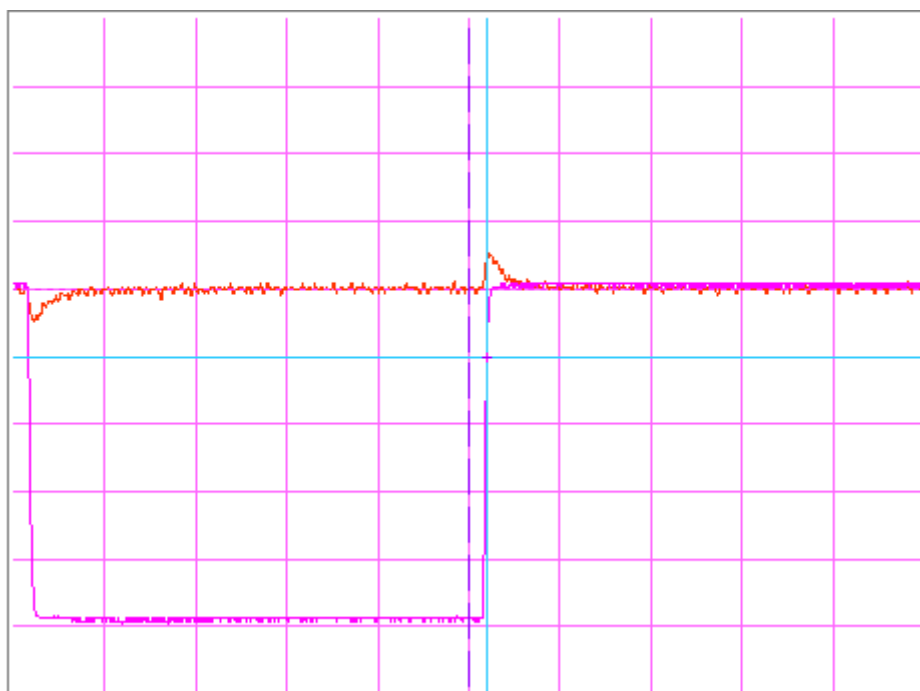
$$t_1 = 0\mu s, t_2 = 1.2\mu s, t_{off} = 1.2\mu s.$$



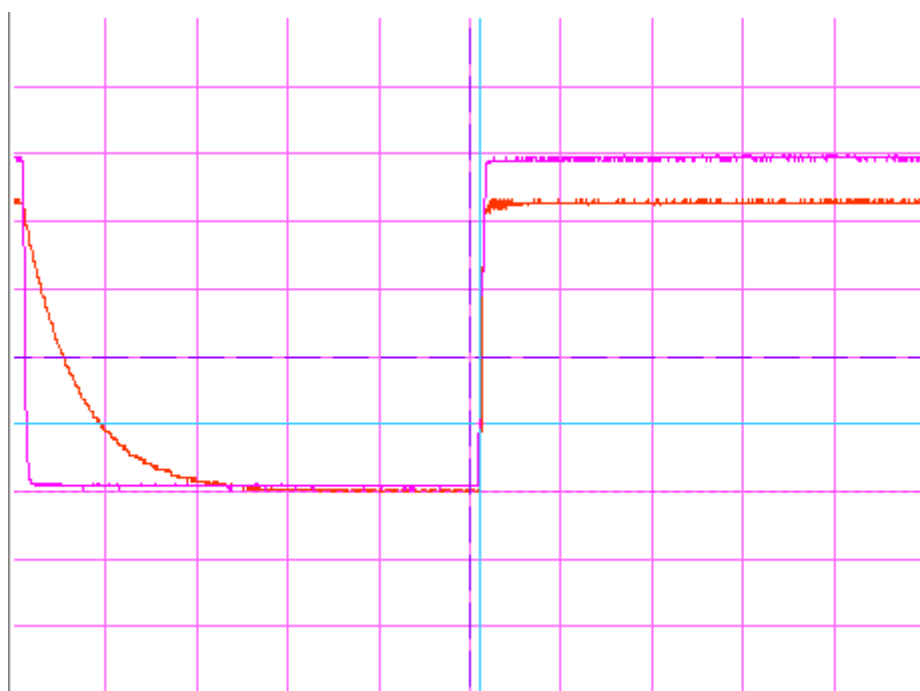
Rysunek 12:  $E_F = 1V$ ,  $E_R = -4V$

Dalej zmieniając offset, zauważamy, że zakres napięcia w którym przełącza dioda jest coraz mniejszy, czasy oszacowaliśmy następująco:

$$t_1 = 0\mu s, t_2 = 0.8\mu s, t_{off} = 0.8\mu s.$$

Rysunek 13:  $E_F = 1V$ ,  $E_R = -4V$ 

Dalej zmieniając offset, tak że napięcie sterujące jest mniejsze, równe  $0V$ , obserwujemy, że dioda nie zachowuje się już jako przełącznik.

Rysunek 14:  $E_F = U_{max}$ ,  $E_R = 0V$  z dołączonym kondensatorem  $C_L = 360pF$

Ten układ różni się od pierwszego z diodą impulsową jedynie dołączonym kondensatorem  $C_L = 360pF$ . Jego odpowiedź jest bardzo podobna do pierwszego układu, ale czas  $t_2$  zauważalnie się zwiększył.

$$t_1 = 0\mu s, t_2 = 4\mu s, t_{off} = 4\mu s.$$

## 5 Niepewności

## 6 Wnioski