

OPTOELEKTRONIKA I FOTONIKA

Laboratorium dla studentów II roku EiT

6. Analiza częstotliwościowa transoptorów

Laboratorium – 523, C-2, V piętro

Mgr inż. Mateusz Kocoń

Dr hab. inż. Barbara Swatowska

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie studentów z kluczowymi pomiarami parametrów przełączania transoptorów. W celu zrozumienia zagadnień, wymagana jest wiedza z zakresu liniowych charakterystyk oraz parametrów z ćwiczenia **V – w szczególności CTR, nasycenie oraz odcięcie fototranzystora**. Obowiązkowe do wykonania ćwiczenia są również zagadnienia opisane jako **problemy**. Biegłość pojęć będzie sprawdzana podczas wykonywania ćwiczenia przez prowadzącego i może skutkować niezaliczeniem laboratorium lub obniżeniem oceny.

Na zaliczenie wymagane będzie pisemne **sprawozdanie** z wykonanych pomiarów. Sprawozdanie należy dostarczyć **w terminie do 10 dni** po odbyciu ćwiczenia. Plik w formacie pdf należy wysłać na adres mailowy prowadzącego daną grupę laboratoryjną. Opóźnienie w dostarczeniu sprawozdania będzie miało odzwierciedlenie **w obniżeniu oceny**.

Podstawy teoretyczne ćwiczenia

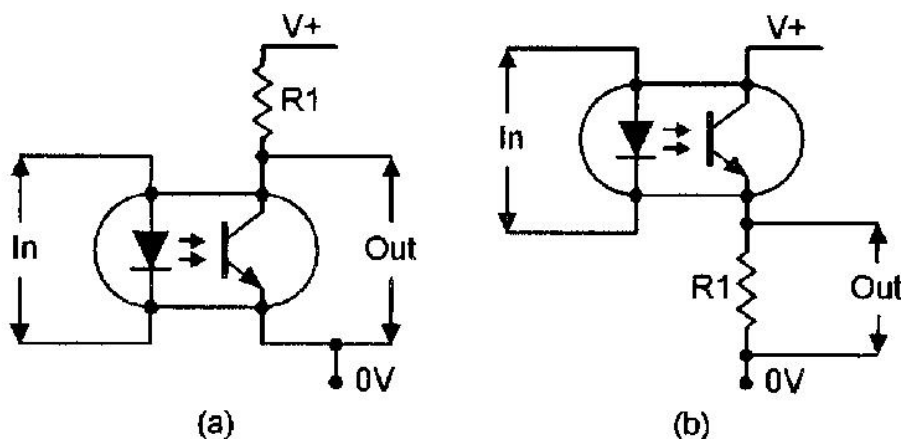
Podstawową funkcjonalnością transoptora, z jaką powinien utożsamiać te komponenty inżynier, jest przenoszenie sygnałów cyfrowych pomiędzy układami zbudowanymi na odseparowanych od siebie potencjałach (izolacja galwaniczna). Istnieją również popularne zastosowania niezwiązane z przełączaniem sygnałów dyskretnych takie jak przenoszenie sygnałów analogowych (transoptory liniowe, sterowanie wzmacniaczem błędów w przetwornicach izolowanych, takich jak LLC czy flyback, sterowanie triakami oraz optotriakami), nie są jednak tak szeroko stosowane jak te, które będą badane w niniejszym ćwiczeniu.

Podstawowe parametry skorelowanych przebiegów cyfrowych to:

- Czas narastania i opadania
- Czasy propagacji

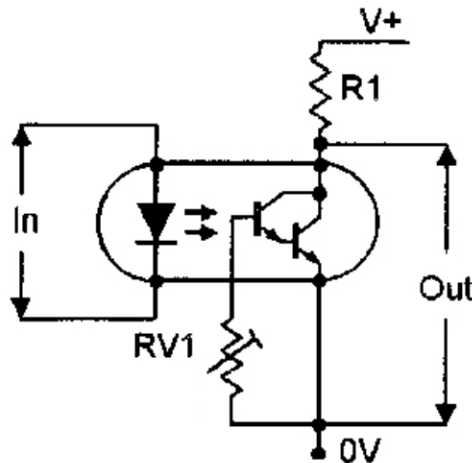
Na ich podstawie można wyznaczyć maksymalną częstotliwość przenoszenia oraz margines czasowy.

Na rysunku 1, zaprezentowane zostały konwencjonalne układy izolatorów cyfrowych. Układ (a) posiada obciążenie w obwodzie kolektora – przy stanie wysokim na wejściu, tranzystor zostaje naświetlany i zwiiera wyjście do masy (pull-up). Oznacza to, iż układ ten pracuje w konfiguracji odwracającej. Odwrotna sytuacja jest w przypadku układu (b).



Rys. 1. Izolator sygnału cyfrowego w konfiguracji odwracającej (a) oraz nieodwracającej (b)

Naturalnym zjawiskiem jest, iż wymuszając większy prąd diody, jednocześnie wymuszając mocniejsze naświetlenie fototranzystora, otwiera się on bardziej gwałtownie, pozwalając na szybsze jego załączenie. Niestety, po wyłączeniu diody, tranzystor musi rozładować się naturalnie prądami upływu, co skutkuje nieproporcjonalnie dużym czasem wyłączenia. Opcjonalnym rozwiązaniem tego problemu jest ekspozycja bazy tranzystora oraz rozładowanie pojemności bazy przez zewnętrzny rezystor:

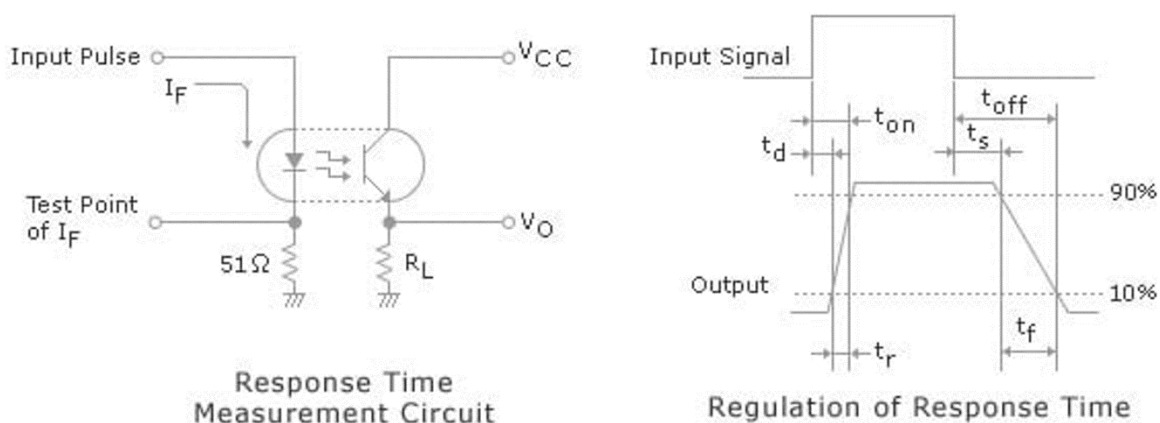


Rys. 2. Transoptor z możliwością dołączania obwodu wyłączania

Problemy:

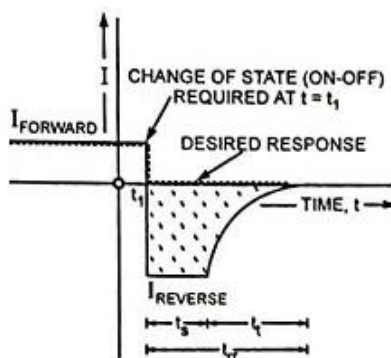
1. W jaki sposób rezystor RV1 wpływa na CTR transoptora?
2. Która konfiguracja (nieodwracająca czy odwracająca) pozwala na szybsze przełączanie wyjścia?
3. Jeżeli tranzystor zostanie nasycony, jak zmieni się czas jego wyłączenia?
4. Jakiego rzędu wartości obciążenia oraz obwodu rozładowania bazy są rozsądne dla uzyskania kompromisu pomiędzy częstotliwością graniczną a CTR transoptora?
5. Co to jest napięcie izolacji transoptora?

Przykładowy przebieg prezentujący zależności czasowe między wejściem a wyjściem badanego układu przedstawiony został na rysunku 3.



Rys. 3. Przykładowe przebiegi korelujące wejście z wyjściem

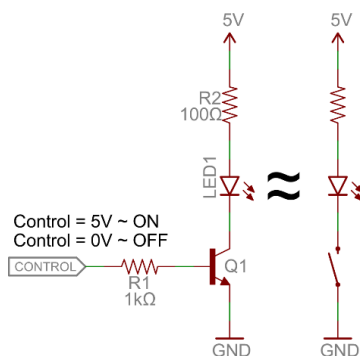
W przypadku stanowiska wykorzystywanego w laboratorium, przełączanie diody wykonane jest z wyjściem typu push-pull ze sterownikiem MCP1407 (czas narastania/opadania = 20 [ns], prąd wyjściowy 6A z zasilaniem 4.75-5.25V). W związku z powyższym, w domyślnym trybie, wyłączanie diody wiąże się z przełączaniem pojemności dyfuzyjnej:



Rys. 4. Wyłączanie diody transoptora

Problemy:

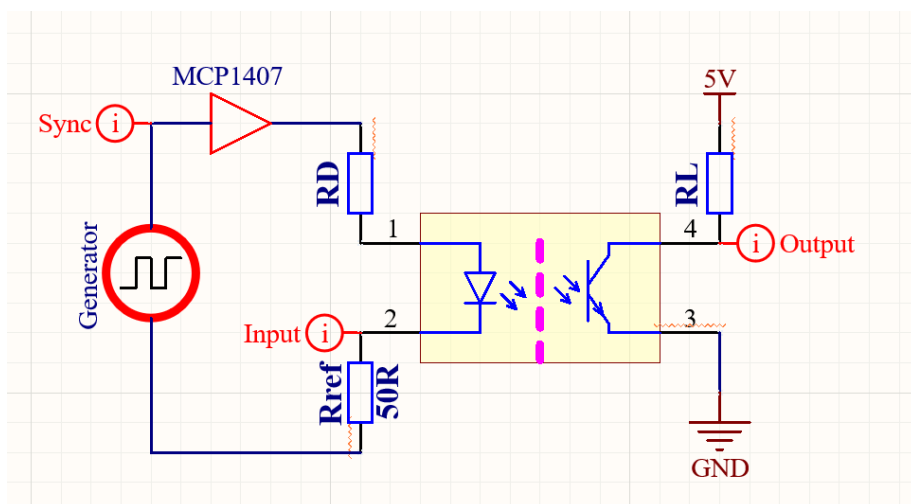
1. Co znaczą konkretne podpisy na przebiegach?
2. W jaki sposób prąd diody wpływa na czas przełączania diody? Czy dioda w tym okresie dalej oświetla fototranzystor?
3. Jak będzie zachowywać się dioda, podczas sterowania wyjściem z pojedynczym tranzystorem NPN (rys 5)? Czym się będzie różniło sterowanie z wykorzystaniem tranzystora MOS? Która konfiguracja jest bardziej korzystna, jeżeli chodzi o czasy przełączania?



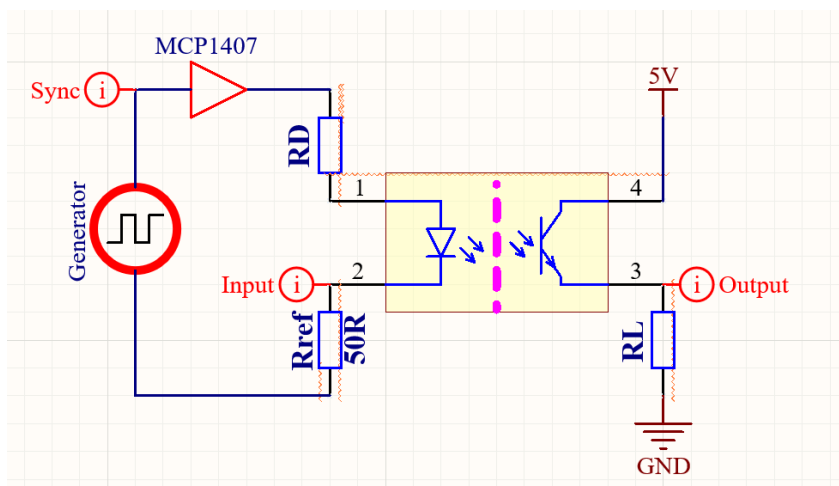
Rys. 5. Sterowanie diodą bez trybu push-pull

Opis stanowiska pomiarowego

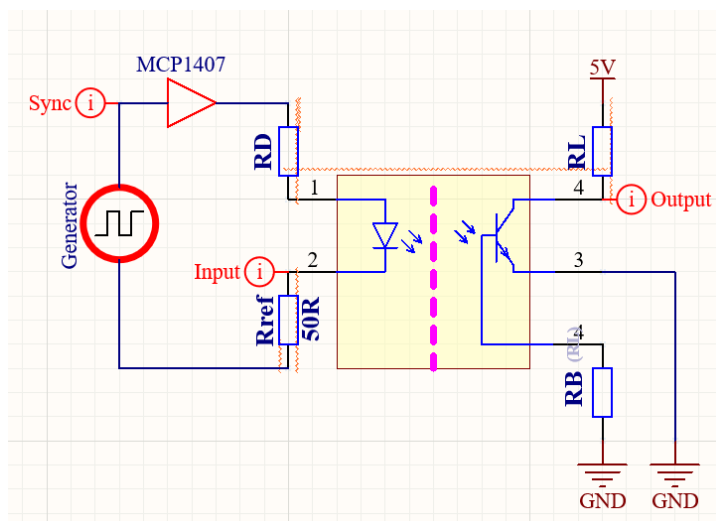
Schematy stanowisk pomiarowych zostały przedstawione na rysunkach poniżej:



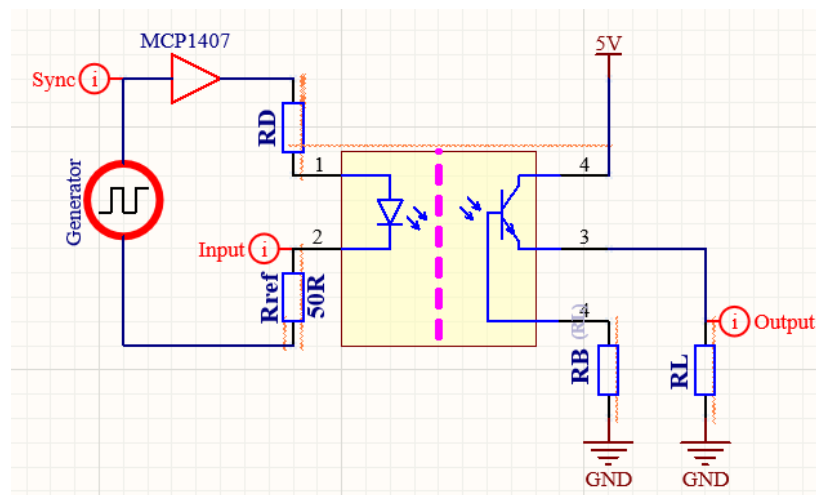
Rys. 6. Schemat stanowiska w konfiguracji odwracającej



Rys. 7. Schemat stanowiska w konfiguracji nieodwracającej



Rys. 8. Schemat stanowiska w konfiguracji odwracającej z wyeksponowaną bazą



Rys. 9. Schemat stanowiska w konfiguracji nieodwracającej z wyeksponowaną bazą

Dodatkową funkcjonalnością jest możliwość odłączenia dolnego klucza MCP1407. Wykonać to można przełącznikiem opisanym jako SINK SW (rys. 11).

Problemy:

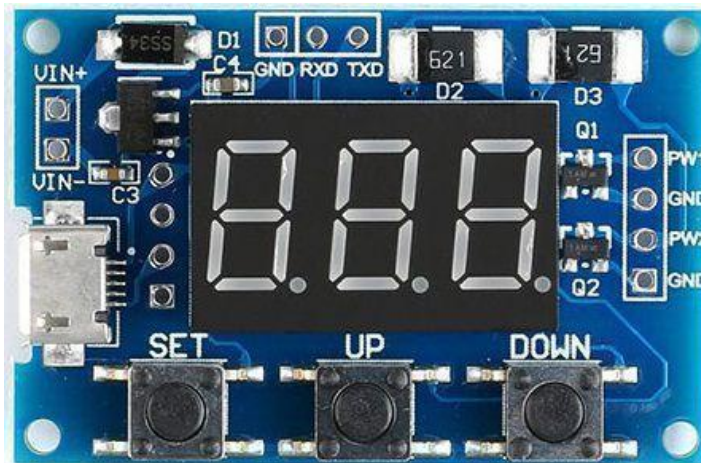
1. Jak odłączenie dolnego klucza wpływa na prąd w obwodzie (w stosunku do przedstawionego na rys. 4)?
2. Jak odłączenie dolnego klucza wpływa na czas podtrzymania fototranzystora?
3. Jakie są wady oraz zalety stosowania obu wariantów przełączania diody?
4. Jaka jest standardowa wartość napięcia nasycenia fototranzystora? Od czego ona zależy?

Porty Input, Sync oraz Output są dostępne z wykorzystaniem sond oscyloskopowych lub/i przewodów BNC. Rezystancja RD, RB oraz RL ustawiane są przełącznikami obrotowymi, a ich wartości są przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Rezystancje możliwe do ustawienia w obwodzie

Pozycja przełącznika	Rezystancja RD [Ω]	Rezystancja RB [Ω]	Rezystancja RL [Ω]
1	0	Przerwa	100
2	10	10Meg	330
3	25	4.7Meg	510
4	50	1Meg	1k
5	75	620k	2.2k
6	100	470k	4.7k
7	220	200k	10k
8	470	100k	22k
9	620	47k	47k
10	1k	10k	100k
11	10k	4.7k	220k
12	1Meg	1k	1Meg

Generowanie sygnału odbywa się przy pomocy modułu HW-0515 – Rys. 10.



Rys. 10. Generator częstotliwości

Stanowisko pomiarowe wykorzystuje jedynie kanał 1. Zmianę częstotliwości można uzyskać poprzez wciśnięcie przycisku SET. Moduł wyświetla wtedy jedną z czterech opcji (ponowne wciśnięcie przycisku SET pozwala na przewinięcie do kolejnej):

1. **du1** – wypełnienie sygnału kanału 1
2. **fc1** – częstotliwość kanału 1
3. **du2** – wypełnienie sygnału kanału 2
4. **fc2** – częstotliwość kanału 2

Przy braku interakcji, urządzenie zostaje w trybie ustawienia danego parametru, którego zmniejszenie oraz zwiększenie odbywa się przy pomocy przycisków DOWN oraz UP.

Stanowisko pomiarowe zostało przedstawione na rysunku 11:



Rys. 11. Stanowisko pomiarowe

Realizacja praktyczna ćwiczenia

Tabela 2 zawiera wykaz ustawień, które umożliwią studentowi dobór parametrów obwodu podczas wykonywania ćwiczenia.

Tabela 2. Parametry obwodu dla konkretnych grup laboratoryjnych

Numer grupy	Rezystancja RD [Ω]	Rezystancja RB [Ω]	Rezystancja RL [Ω]
1	10	Przerwa	1 k
2	10	1 Meg	22 k
3	25	4.7 Meg	510
4	25	1 Meg	1 k
5	100	620 k	2.2 k
6	100	470 k	4.7 k
7	220	200 k	10 k
8	220	100 k	22 k
9	1k	47 k	47 k
10	1k	10 k	100 k
11	10k	4.7 k	220 k
12	10k	1 k	1 k

- 1) Należy podłączyć makietę pomiarową do oscyloskopu, dołączyć rezystancje zgodnie z tabelą 2, ustawić częstotliwość sygnału równą 100 Hz oraz wypełnienie 50%. Następnie poprosić prowadzącego o włożenie transoptora do układu.
- 2) W kolejnym kroku, należy sprawdzić, czy fototranzystor się nasycy – jeżeli nie, należy zmienić **jeden** parametr obwodu w taki sposób, aby uzyskać stan nasycenia wyjścia. Zmiana ta musi zostać odnotowana w sprawozdaniu.
- 3) Następnym krokiem jest ustawienie oscyloskopu, tak aby było możliwe dokładnie możliwe zmierzenie wszystkich zależności czasowych między wejściem i wyjściem (pomiar powinien być wykonany osobno na zboczach narastających i opadających, patrz rys. 3 oraz rys. 4). Po ustawieniu na pomiar, należy wskazać prowadzącemu, iż fototranzystor przełącza się między stanami zatkania (odcięcia) i nasycenia.
- 4) Należy zmanipulować rezystancję obciążenia w taki sposób, aby wyjście nie znajdowało się w stanie nasycenia oraz zanotować pomiary. W sprawozdaniu wyznaczyć CTR oraz prąd diody, przy jakim tranzystor ulegnie nasyceniu. W sprawozdaniu mają znaleźć się obliczenia prądu diody, pozwalające uzyskać nasycenie fototranzystora dla rezystancji obciążenia równej 100 Ω , 10 k Ω oraz 100 k Ω .
- 5) W kolejnym kroku prowadzący wpina transoptor z wyeksponowaną bazą. Przy podanych przez prowadzącego parametrach, należy wyznaczyć zależność rezystancji RB od czasu podtrzymania oraz wyłączania fototranzystora.
- 6) Należy porównać czas załączenia fototranzystora oraz podtrzymania wyjścia przy odłączonym dolnym kluczu sterowania obwodu diody.
- 7) Ostatnim pomiarem jest wyznaczenie charakterystyki czasu wyłączania transoptora zależnie od rezystancji obciążenia. RD oraz RB są ustawiane przez prowadzącego.

Uwagi:

- 1) **Wszystkie** parametry podane przez prowadzącego oraz ustawiane w trakcie wykonywania ćwiczeń muszą zostać zanotowane oraz przeniesione do sprawozdania – inaczej niemożliwa będzie weryfikacja czy ćwiczenie zostało wykonane samodzielnie i pozostanie niezaliczone.
- 2) **Każdy** pomiar czasowy musi zostać wykonany na minimum połowie zakresu pomiarowego oscyloskopu. Po przygotowaniu pomiaru, należy poprosić prowadzącego o weryfikację poprawności parametrów oraz jakości wykonania testu.
- 3) Prąd diody musi zostać wyskalowany w miliamperach.
- 4) Wszystkie rezystancje mają tolerancję rzędu 5% – należy wyznaczyć w sprawozdaniu potencjalny zakres błędu.
- 5) Przy każdym pomiarze muszą zostać odnotowane zwięźle oraz precyzyjnie wnioski oraz obserwacje. Jeżeli będą one niezgodne z rzeczywistością, ocena zostanie obniżona lub sprawozdanie zostanie odrzucone.
- 6) Każdy pomiar musi zawierać opis, pozwalający skorelować zależności teoretyczne z wynikami.

Proszę pamiętać o jednostkach poszczególnych parametrów !!!

Literatura:

1. *Metrologia elektryczna – ćwiczenia laboratoryjne*, Części 1 i 2, Praca zbiorowa pod red. Z. Biernackiego, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2000.
2. P. Horowitz, *Sztuka elektroniki*, Tom 1 i 2, WKiŁ, Warszawa 1997.
3. F.F. Driscoll, R.F. Coughlin, *Przyrządy półprzewodnikowe i ich zastosowania*, WNT, Warszawa 1987.
4. Strona internetowa: <https://botland.com.pl/204-optoizolatory>
5. Strona internetowa: <https://www.nutsvolts.com/magazine/article/optocoupler-circuits>

Karta kontrolna (dla prowadzących):

Data i godzina laboratorium	
Studenci wykonujący pomiary	
Transoptor wykorzystywany podczas pomiarów (4 pin)	
Punkt 1	
Punkt 2 – sprawdzenie nasycenia transoptora	
Punkt 3 – zbocze narastające wyjścia	
Punkt 3 – zbocze opadające wyjścia	
Punkt 3 – czas ON wyjścia	
Punkt 3 – zbocze narastające wejścia	
Punkt 3 – zbocze opadające wejścia	
Punkt 4 – sprawdzenie nasycenia transoptora	
Transoptor wykorzystywany podczas pomiarów (6 pin)	
Punkt 5 – czas podtrzymania	
Punkt 5 – czas wyłączania wyjścia	
Punkt 6 – porównanie czasu załączania transoptora	
Punkt 6 – porównanie czasu podtrzymania transoptora	
Punkt 7 – ustawienie na pomiar czasu wyłączania	