

OPTOELEKTRONIKA I FOTONIKA

**Laboratorium
dla studentów II roku EiT**

5. Pomiary charakterystyk transoptorów

Laboratorium – 523, C-2, V piętro

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie studentów z kluczowymi pomiarami parametrów transoptorów. Z punktu widzenia konkretnych zastosowań tych elementów najistotniejsza jest wartość współczynnika CTR (Current Transfer Ratio).

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**.

W ramach realizacji tego ćwiczenia obowiązuje znajomość następujących zagadnień:

- co to jest transoptor, dla jakiego zakresu dł. fal pracuje,
- jakie elementy pełnią rolę fotoemitera, a jakie fotodetektora w transoptorach,
- co to jest stałoprądowy współczynnik transmisji CTR transoptorów,
- jakie są najważniejsze parametry transoptora,
- przykłady zastosowań transoptorów
- podział transoptorów.

Podstawy teoretyczne ćwiczenia

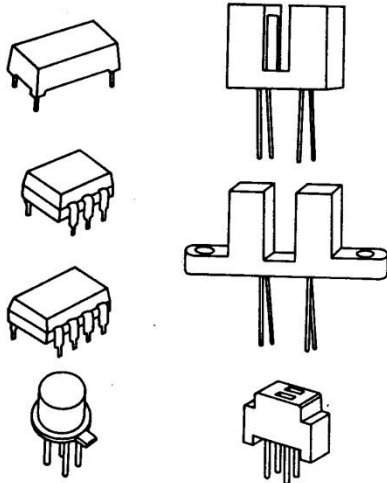
Podstawą działania przyrządów optoelektronicznych jest zjawisko przetwarzania energii promieniowania świetlnego w energię elektronów (absorpcja światła) oraz zjawisko odwrotne, jakim jest przetwarzanie energii elektronów w energię promieniowania świetlnego (emisja światła). Przez pojęcie promieniowanie świetlne rozumie się promieniowanie zarówno w zakresie widzialnym, jak i w zakresach podczerwonym oraz nadfioletowym. Zdecydowana większość przyrządów optoelektronicznych to elementy półprzewodnikowe; wyjątek stanowią wskaźniki z kryształów ciekłych. Absorpcja i emisja światła w półprzewodniku związane są z określonymi mechanizmami wzajemnego oddziaływania fotonów z elektronami.

Wszystkie przyrządy optoelektroniczne ze względu na kierunek przemiany energetycznej można podzielić na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowią przyrządy służące do przemiany sygnałów optycznych (energii światła) w sygnały elektryczne (energję elektryczną) i do tej grupy zaliczamy: fotorezystory, fotodiody oraz fotoogniwa i fototranzystory. Druga grupa obejmuje wskaźniki i źródła światła, tj. przyrządy, dzięki którym możliwa jest transformacja sygnałów elektrycznych (energji elektrycznej) w sygnały optyczne (energję świetlną). Są to przede wszystkim diody elektroluminescencyjne, a także wskaźniki z kryształów ciekłych.

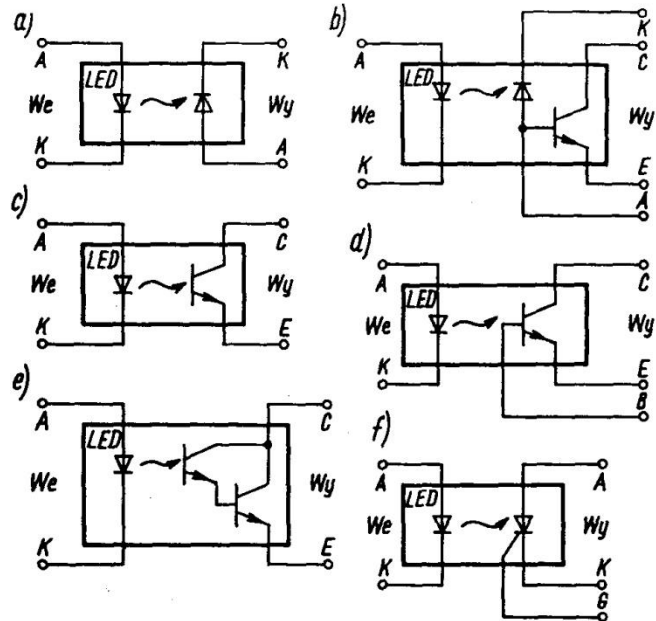
Oddzielną grupę przyrządów optoelektronicznych stanowią **Transoptory** (nazywane też optoizolatorami), tj. elementy funkcjonalne działające na zasadzie sprzężenia w jedną całość, źródła światła (diody elektroluminescencyjne) z fotodetektorem (fotodiodą lub fototranzystorem). Prościej można powiedzieć, że transoptor to optoelektroniczny przyrząd półprzewodnikowy, który stanowi elektrycznie izolowana, a optycznie sprzężona para fotoemiter-fotodetektor umieszczona we wspólnej obudowie (Rys. 1). Ze względu na zastosowany układ fotoemiter-fotodetektor transoptor jest elementem unilateralnym, tj. umożliwiającym jedynie jednokierunkowy przepływ sygnału od obwodu wejściowego, w którym znajduje się fotoemiter, do obwodu wyjściowego, zawierającego fotodetektor. Zaletą transoptora jest wykonanie całkowicie półprzewodnikowe, z czym wiąże się: żywotność, wytrzymałość i niezawodność.

Zdolność przenoszenia sygnału przez transoptor zależy przede wszystkim od rodzaju elementów półprzewodnikowych tworzących go, a więc fotoemitera i fotodetektora, pewien wpływ ma również sposób sprzężenia optycznego i konstrukcja transoptora. Zazwyczaj funkcję **fotoemitera** pełni w transoptorze dioda elektroluminescencyjna, która emituje promieniowanie w zakresie bliskiej podczerwieni; natomiast **fotodetektorem** najczęściej jest fotodioda lub fototranzystor. W specjalnych konstrukcjach fotodetektorem może też być fototyristor lub fotorezystor (Rys. 2). Dioda elektroluminescencyjna ze względu na dużą sprawność tworzy z fotodetektorem sprzęg optyczny.

Podstawową zaletą tego układu jest odizolowanie wejścia od wyjścia, przy dopuszczalnej różnicy napięć, między obwodami wejścia i wyjścia, osiągającej wartość nawet rzędu kilku kilowoltów.



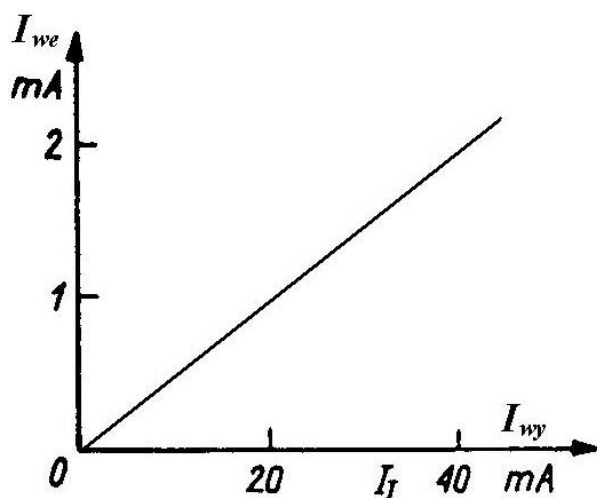
Rys. 1. Transoptory w różnych obudowach



Rys. 2. Schematy i zarazem symbole graficzne transoptorów, w których fotoemiterem jest dioda elektroluminescencyjna LED, a jako fotodetektor zastosowano: a) fotodiodę, b) fotodiodę ze wzmacniaczem tranzystorowym, c) fototranzystor bez wyprowadzonej końcówki bazy, d) fototranzystor z wyprowadzoną końcówką bazy, e) fototranzystor w układzie Darlingtona, f) fototrystora

Sprzęg optyczny w transoptorach zamkniętych, tzw. monolitycznych, stanowi warstwa materiału elektroizolacyjnego (np. szkło, żywica epoksydowa), przepuszczająca promieniowanie diody LED, podczas gdy w transoptorach otwartych, tzw. szczelinowych (transmisyjnych) lub odbiciowych (refleksyjnych) jest to powietrze, w którym na drodze strumienia świetlnego przemieszcza się element przerywający lub ustanawiający sprzężenie optyczne między fotoemiterem a fotodetektorem.

Transoptor z fototrystorem działa jak element przełączający włączany impulsem promieniowania diody elektroluminescencyjnej (wyprowadzona elektroda bramki G umożliwia regulację czułości fototrystora). Transoptor z fotodiodą, fototranzystorem, „fotodarlingtonem” lub też fotorezystorem ma **zdolność prawie liniowego przenoszenia sygnałów elektrycznych między wejściem a wyjściem**.



Rys. 3. Charakterystyka przenoszenia transoptora

Zdolność tę charakteryzuje się za pomocą **stałoprądowego współczynnika transmisji CTR** (current transfer ratio) nazywanego też przekładnią prądową transoptora:

$$CTR = \frac{I_{wy}}{I_{we}} \quad (1)$$

gdzie I_{wy} oraz I_{we} są to wartości prądów, płynących w zadanych warunkach pracy odpowiednio w obwodzie wyjściowym i wejściowym transoptora. Wzmocnienie prądowe dla transoptora złożonego

z diody LED i fototranzystora jest rzędu 20%, a w przypadku zastosowania układu Darlingтона jako fotodetektora wynosi nawet 300%.

Transoptor tego typu spełnia funkcję transformatora zarówno prądu stałego, jak i zmiennego, którego pasmo przenoszenia zależy przede wszystkim od rodzaju zastosowanego fotodetektora – najszersze jest dla transoptora z fotodiodą, średnie z fototranzystorem, bardzo wąskie (prawie stałoprądowe) z fotorezystorem.

Do ważniejszych parametrów transoptora, oprócz CTR, zalicza się także: **maksymalne wartości dopuszczalne prądu i napięcia w obwodzie wejściowym oraz wyjściowym, rezystancję izolacji i napięcie przebicia między wejściem a wyjściem, jak również zakres temperatury pracy.**

Transoptory stosuje się w celu odizolowania obiektu sterowanego od napięć zasilania. Stosowane są również do przenoszenia sygnałów zarówno analogowych, jak i cyfrowych, z częstotliwościami do kilkudziesięciu megaherców.



Rys. 4. Transoptor jednokanałowy PC817



Rys. 5. Transoptor wielokrotny LTV847

Realizacja praktyczna ćwiczenia

Zestawić układ pomiarowy według Rysunku 6.



Rys. 6. Układ do wyznaczania charakterystyk transoptora

- 1) Wyznaczyć charakterystykę „przejściową” transoptora $I_{wy} = f(I_{we})$. Ustawić za pomocą potencjometru nr 2 stałe napięcie na poziomie 2,0 lub 2,2 V, a następnie za pomocą potencjometru nr 1 zmieniać I_{we} :

- a) w zakresie od 0 do 1 mA co 0,1 mA,
- b) w zakresie od 1 do 10 mA co 1 mA,
- c) w zakresie od 10 do 35 mA co 5 mA

Wyniki notować w poniższej tabeli 1.

Lp.	I_{wy} [mA]	I_{we} [mA]
1.		
2.		
3.		
...		

- 2) Zbadać zależność prądu kolektora od prądu diody i napięcia kolektor-emiter. Wyznaczyć charakterystyki $I_C = f(U_{CE})$. Zmieniając wartości napięcia od 0 do 1 V co 0,1 V, a następnie od 1 do 5 V co 0,5 V, odczytać wartości I_C . Odczyty wykonać dla trzech różnych wartości prądu diody I_F (np. 0,5 mA, 2 mA, 10 mA). Wyniki notować w poniższej tabeli 2.

Lp.	U_{CE} [V]	I_C [mA]
1.		
2.		
3.		
...		

- 3) Dla wybranego transoptora zastosować w układzie rezystor (o wartości 1 kOhm a następnie 2 MOhm) w celu zweryfikowania stopnia tłumienia sygnału. Obserwacje zapisać.
- 4) Na koniec obliczyć przekładnię prądową transoptora CTR.

Kompletne sprawozdanie powinno zawierać:

- a) Krótki wstęp czego dotyczyło ćwiczenie.
- b) Narysowane wykresy $I_{wy} = f(I_{we})$ dla zbadanych transoptorów (porządnie opisane) oraz komentarz do nich.
- c) Narysowane na jednym rysunku rodziny wykresów $I_C = f(U_{CE})$ dla zbadanych transoptorów (dla każdego transoptora oddzielnie) dla kilku wartości I_F (porządnie opisane) oraz komentarz do nich.
- d) Wyliczone wartości współczynnika CTR dla każdego z transoptorów.
- e) Narysowane wykresy $CTR = f(I_{we})$ dla zbadanych transoptorów (porządnie opisane) oraz komentarz do nich.
- f) Niepewności wyznaczenia współczynnika CTR (w oparciu o dokładność mierników).

- g) Komentarz o czym świadczą uzyskane wyniki, z jakimi transoptorami studenci zetknęli się w swoim ćwiczeniu (odniesienie do not katalogowych)?

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>