



FOTONIKA (W12IMM-SI0012L)

Laboratorium nr 7

Transoptory

Opracowali: Ryszard Korbutowicz, Janusz Szydłowski

1. Cel zajęć

Zajęcia mają na celu pokazanie zasad pracy z transoptorami, zapoznanie z ich możliwościami oraz parametrami.

2. Program zajęć

- * pomiary parametrów statycznych transoptorów (przekładnia prądowa CTR),
- * pomiary parametrów dynamicznych transoptorów.

3. Literatura uzupełniająca

Wykład Zastosowanie optoelektroniki

Wykład Fotonika

Karty katalogowe badanych układów

4. Wprowadzenie teoretyczne i zagadnienia praktyczne

Zagadnienia do samodzielnego przygotowania

- * wewnętrzne zjawisko fotoelektryczne,
- * wpływ światła na półprzewodnik,
- * charakterystyki widmowe i oświetleniowe fotodetektorów,
- * dioda półprzewodnikowa jako detektor promieniowania (parametry, budowa),
- * bramki logiczne: tabele prawdy, charakterystyki
- * układy pracy tranzystorów, polaryzacja;
- * pomiary oscyloskopowe przebiegów impulsowych;
- * praca dynamiczna tranzystora bipolarnego, tranzystor jako klucz.
- * transoptory: rodzaje, budowa, parametry, zastosowania

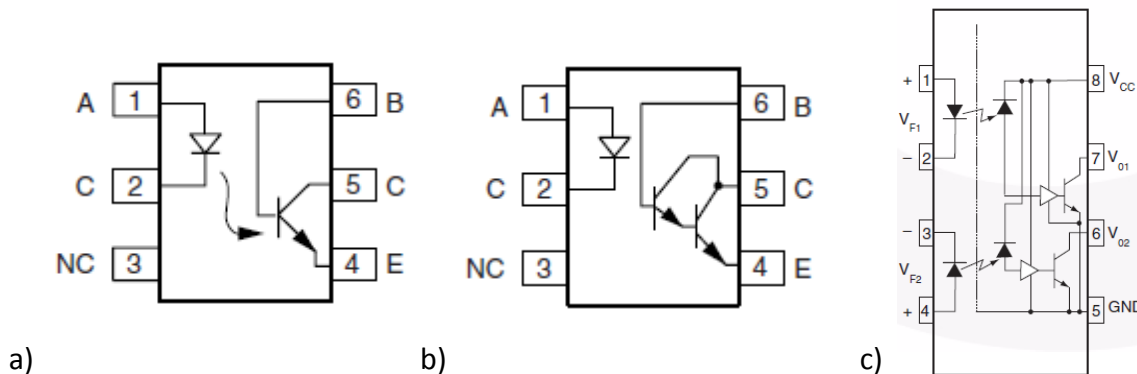
4.1 Charakterystyka układów

W ćwiczeniu badane są trzy rodzaje scalonych transoptorów:

- a) 4N25 – z wyjściem fototranzystorowym,
- b) 4N33 – z wyjściem z fototranzystorem w układzie Darlingtona,
- c) HCPL2631 – z dwoma bramkami logicznymi NOT na wyjściu.

Podczas zajęć należy przestrzegać przepisów BHP

Na rys. 1. pokazano schematy elektryczne tych przyrządów wraz z numeracją wejść i wyjść elektrycznych. Układy 4N25 oraz 4N33 zawierają diodę z arsenku galu oraz krzemowe tranzystory n-p-n. Układ HCPL2631 zawiera diodę z AlGaAs oraz krzemową fotodiodę sprzężoną z dużej szybkości bramkami logicznymi (10 Mbit/s) NOT z możliwością bramkowania wyjścia i uzyskania bramki OR.



Rys. 1. Schematy elektryczne układów scalonych transoptorów: a) 4N25, b) 4N33, c) HCPL2631

Praca statyczna

Pomiary statyczne polegają na sprawdzeniu zależności prądu wyjściowego I_{wy} od prądu wejściowego I_{we} (prądu zasilającego diodę). Charakterystyka przenoszenia dla fototranzystorów jest z reguły liniowa. Parametrem charakterystycznym jest nachylenie tej charakterystyki przejściowej, wyrażone za pomocą stałoprądowego współczynnika przełożenia prądowego CTR (*Current Transfer Ratio*) nazywanego też przekładnią prądową transoptora. CTR określa zależność:

$$CTR = \frac{I_{wy}}{I_{we}} 100\%$$

gdzie: I_{wy} i I_{we} są to natężenia prądów płynących, odpowiednio, w obwodzie wyjściowym i wejściowym transoptora.

Dodatkowo, układ HCPL2631 należy sprawdzić pod kątem prawidłowej pracy bramek logicznych – sprawdzić należy zależność napięcia wyjściowego (napięcia na kolektorach tranzystorów wyjściowych) od prądu diody.

Praca dynamiczna

Pasmo przenoszenia, a zarazem górna częstotliwość pracy transoptora, zależy przede wszystkim od zastosowanego fotodetektora – najszersze ma transoptor z fotodiodą, średnie z fototranzystorem, bardzo wąskie z fotorezystorem.

Definiowane są następujące **czasy** charakterystyczne (szczególnie istotne dla układów z bramkami logicznymi):

t_R – czas narastania mierzony od poziomu 90% do 10% przejścia ze stanu niskiego do stanu wysokiego impulsu wyjściowego,

t_F – czas opadania od poziomu 10% do 90% przejścia ze stanu wysokiego do stanu niskiego impulsu wyjściowego,

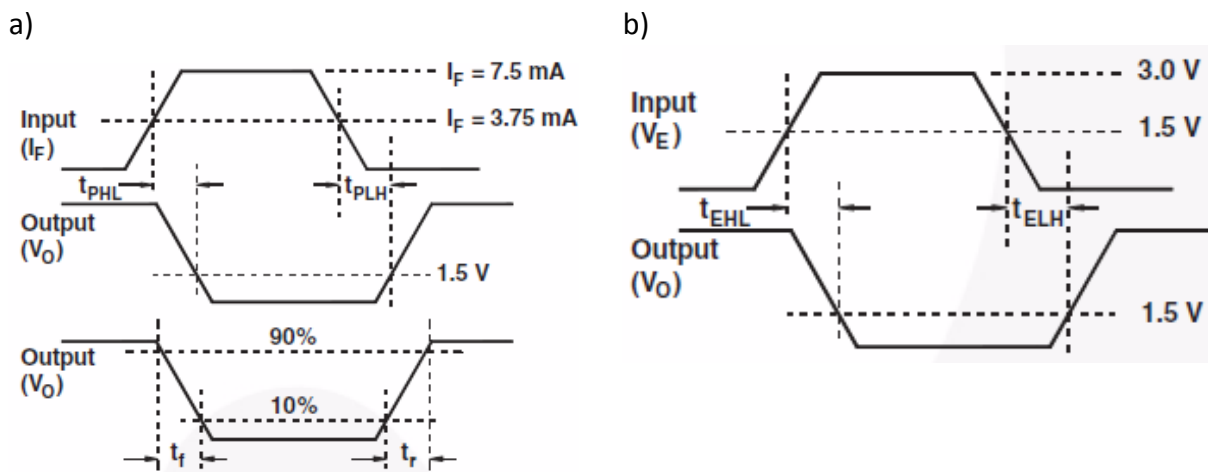
t_{PLH} – opóźnienie propagacji sygnału mierzone od poziomu 3,75 mA przy przejściu ze stanu wysokiego do stanu niskiego impulsu prądu wejściowego do poziomu 1,5 V przejścia ze stanu niskiego do stanu wysokiego impulsu napięcia wyjściowego,

t_{PHL} – opóźnienie propagacji sygnału mierzone od poziomu 3,75 mA przy przejściu ze stanu niskiego do stanu wysokiego impulsu prądu wejściowego do poziomu 1,5 V przejścia ze stanu wysokiego do stanu niskiego impulsu napięcia wyjściowego,

t_{ELH} – dozwolone opóźnienie sygnału wejściowego mierzone od poziomu 1,5 V przy przejściu ze stanu wysokiego do stanu niskiego wejściowego impulsu napięciowego do poziomu 1,5 V przy przejściu ze stanu niskiego do stanu wysokiego napięciowego impulsu wyjściowego,

t_{EHL} – dozwolone opóźnienie sygnału wejściowego mierzone od poziomu 1,5 V przy przejściu ze stanu niskiego do stanu wysokiego wejściowego impulsu napięciowego do poziomu 1,5 V przy przejściu ze stanu wysokiego do stanu niskiego napięciowego impulsu wyjściowego.

Na rys. 2. pokazano (na przykładzie układu HCPL2631 – proszę zapoznać się z kartą katalogową) sposoby wyznaczania czasów przełączania przy pracy impulsowej.



Rys. 2. Przykład wyznaczania czasów przełączania: a) t_{PLH} , t_{PHL} , t_r oraz t_f , b) t_{EHL} oraz t_{ELH}

4.2 POMIARY

Uwaga!

* **Zwrócić uwagę na prawidłową polaryzację elementu i dopuszczalne napięcie!**

* **Sprawozdanie musi zawierać tabele pomiarowe i wykresy!**

Na rys. 3. przedstawiono widok makiety (a) oraz schemat połączeń elektrycznych (b).

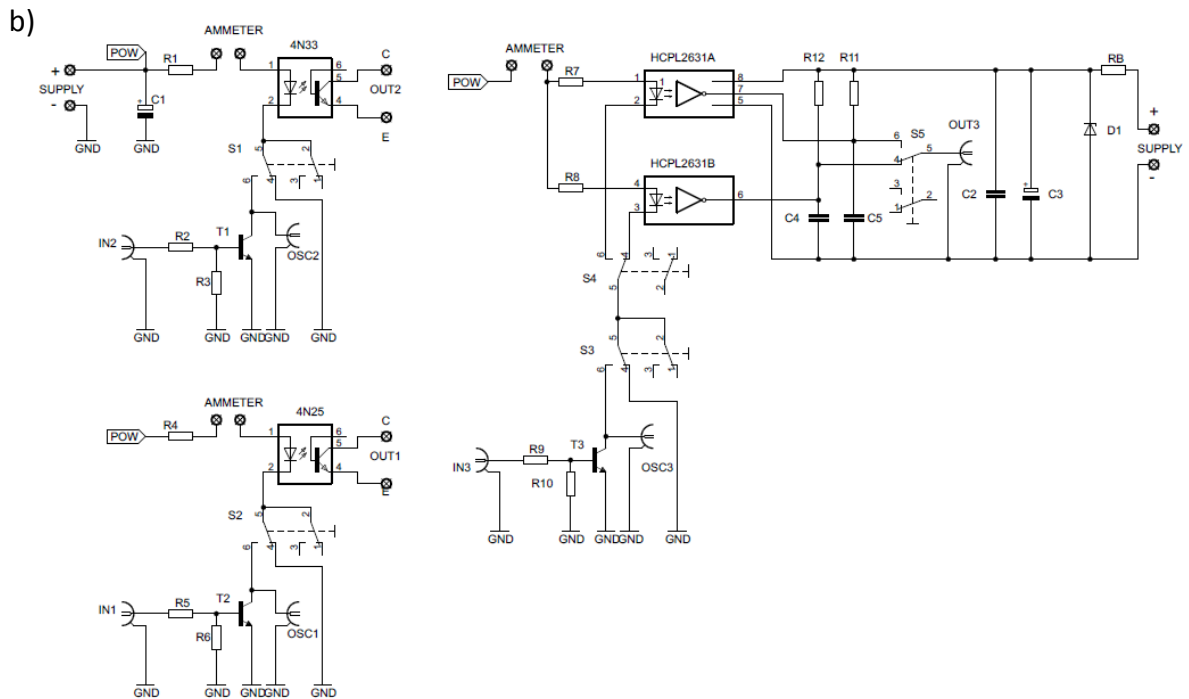
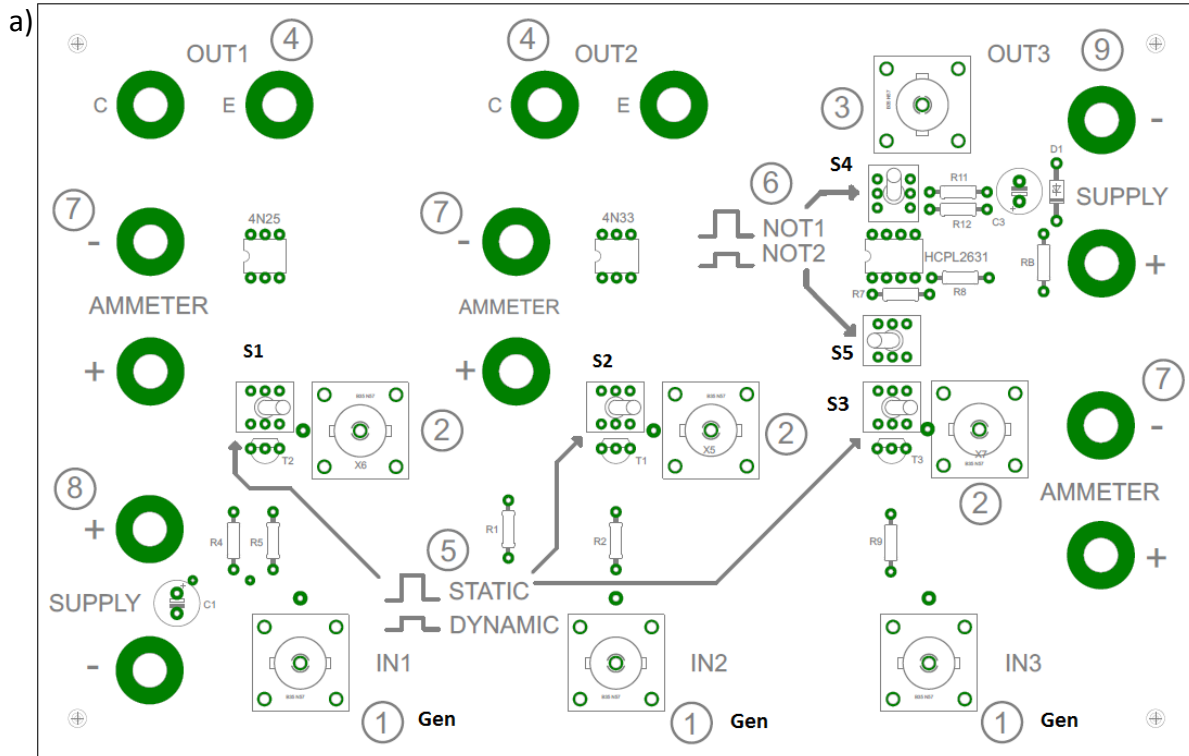
Proszę **wnikliwie** przeanalizować przed zajęciami.

Przełączniki **S1**, **S2**, **S3** (rys. 3b)) służą do przełączania między trybem pracy statycznej i dynamicznej. Przy użyciu przełączników **S4** oraz **S5** (jednoczesnym) wybierana jest jedna z dwóch bramek logicznych w układzie HCPL2631.

Spis obiektów (gniazd i przełączników) z rys. 3a):

1. Generator – praca impulsowa (IN1, IN2, IN3)
2. Oscyloskop – sygnał sterujący
3. Oscyloskop – sygnał wyjściowy dla HCPL2631
4. Oscyloskop – sygnał wyjściowy dla 4N25, 4N33. Zasilanie obwodu kolektora transoptorów
5. Przełącznik – praca statyczna/dynamiczna (**S1**, **S2**, **S3** na rys. 3b))

6. Przełącznik – bramka NOT1/NOT2 (S4, S5 na rys. 3b))
7. Gniazda do podłączenia amperomierza mierzącego prąd diody LED
8. Zasilanie diod – obwód sterujący
9. Zasilanie układu HCPL2631



Rys. 3. Widok makiety (a) oraz schemat połączeń elektrycznych (b) makiety pomiarowej transoptorów

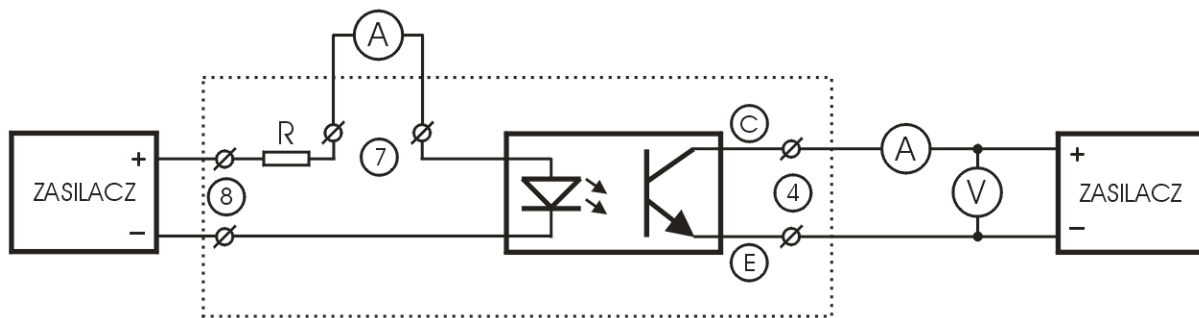
4.2.1. Pomiary statyczne

Uwaga:

- * przełączniki numer 5 (**S1, S2, S3**) w pozycji „Praca statyczna” (STATIC),
- * sprawdzić typ i parametry fototranzystora w karcie katalogowej,
- * pamiętać o właściwej polaryzacji diod oraz fototranzystorów.

a) Układ 4N25 – transoptor z tranzystorem npn na wyjściu

Na rys. 4. zamieszczono schemat układu pomiarowego dla pracy statycznej układów 4N25 oraz 4N33.



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego dla transoptorów z fototranzystorem – praca statyczna

Podłączyć zasilanie diody do gniazda 8 (SUPPLY) oraz fototranzystora do gniazda 4 (OUT1): wpiąć jeden amperomierz w obwód wejściowy układu (gniazdo 7 – AMMETER), drugi podłączyć w obwód kolektora (OUT1). Regulując napięcie zasilające diodę DEL zmieniać prąd wejściowy diody w zakresie od 10 do 0 mA. Mierzyć prąd kolektora dla napięć U_{CE} 5 i 10 V.

- * Wykreślić zależności prądów wyjściowych I_{wy} od prądu wejściowego I_{we} (na jednym, wspólnym, wykresie).
- * Wyznaczyć współczynnik przełożenia prądowego transoptora: $CTR = I_{wy}/I_{we}$ dla wybranej pary prądów.
- * Sporządzić wykresy $CTR = f(I_{we})$ dla obu napięć polaryzacji fototranzystora.

b) Układ 4N33 (z Darlingtonem) – układ pomiarowy z rys. 4.

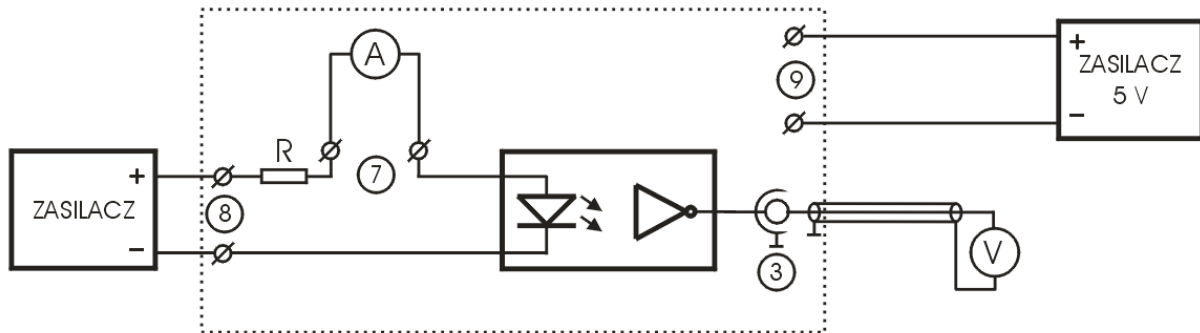
Układ z Darlingtonem ma bardzo dużą przekładnię prądową (co najmniej 500%), co oznacza konieczność starannego doboru prądu wejściowego. Nie przekraczać (ze względu na brak chłodzenia układu) maksymalnego natężenia prądu diody $I_{wemaks} = 0,5 \text{ mA}$, czyli pomiary (analogiczne jak dla układu 4N25) należy wykonać w zawężonym zakresie od 0 do 0,5 mA dla napięć U_{CE} 5 i 10 V.

- * Wykreślić zależności prądów wyjściowych I_{wy} od prądu wejściowego I_{we} (na jednym, wspólnym, wykresie).
- * Wyznaczyć współczynnik przełożenia prądowego transoptora: $CTR = I_{wy}/I_{we}$ dla wybranej pary prądów.
- * Sporządzić wykresy $CTR = f(I_{we})$ dla obu napięć polaryzacji fototranzystora.

c) Układ HCPL2631

Układ pomiarowy połączyć według schematu z rys. 5. (zwrócić uwagę na stan przełącznika 6 (**S4, S5** – praca synchroniczna)). Zmierzyć zależności $U_{wy} = f(I_{we})$ dla obu bramek i wykreślić

charakterystyki. Prąd diody zmieniać w zakresie od 0 do 10 mA. Nie przekraczać napięcia 5 V (zasilanie bramek) na zaciskach SUPPLY 9. Wyznaczyć z wykresów zakresy stanów wysokich i niskich obu bramek.

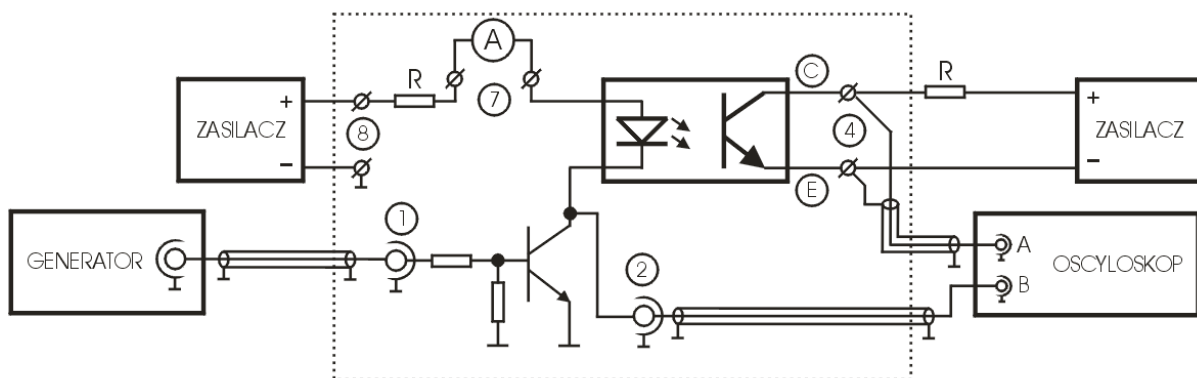


Rys. 5. Schemat układu pomiarowego dla transoptora z wyjściem logicznym – praca statyczna

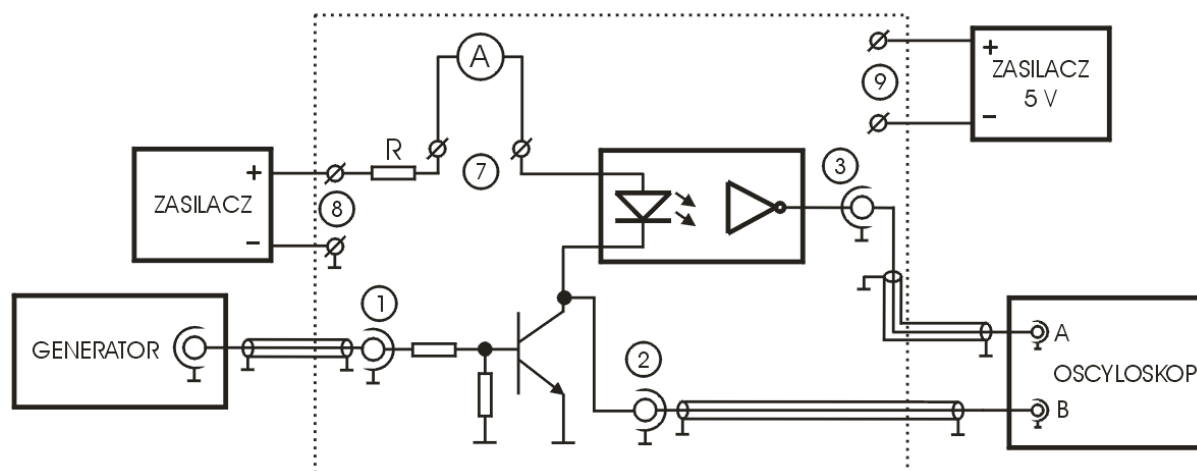
4.2.2. Pomiary dynamiczne

Należy sprawdzić odpowiedzi czasowe transoptorów, czyli zbadać jakość przetwarzania sygnału wejściowego przez układ. W tym celu proszę wyznaczyć dla wszystkich układów dla ustalonych warunków czasu narostu t_R i opadania t_F sygnału prostokątnego, a dla układu HCP2631 dodatkowo czasy opóźnienia propagacji sygnału bramek logicznych zdefiniowane w sekcji **Praca dynamiczna** instrukcji.

Rysunki 6. i 7. przedstawiają schematy pomiarowe dla układów 4N25 i 4N33 (rys. 6.) oraz HCPL2631 (rys. 7.).



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego dla transoptorów z fototranzystorem – praca dynamiczna (układy 4N25 i 4N33)



Rys. 7. Schemat układu pomiarowego dla transoptora z wyjściem logicznym – praca dynamiczna (HCPL2631)

Procedura pomiarów:

Aby wykonać pomiary dynamiczne należy przełączniki **S1**, **S2**, **S4** przełączyć w tryb pracy dynamicznej („DYNAMIC”). Do odpowiednich wyprowadzeń: OUT1 i OUT2 (4) oraz „SUPPLY” (9) podłączyć zasilacz, wyprowadzenia „AMMETER” (7) można by zewrzeć, ale znacznie ciekawsze jest obserwowanie zmian prądu diody.

Ustalić warunki pracy diody i fotodetektora. Obwód wejściowy „SUPPLY” (8) spolaryzować napięciem stałym 5 V.

Praca dynamiczna jest zrealizowana przez kluczkowanie tranzystorami T_1 , T_2 , T_3 . Na wejścia IN1 (1) podawać sygnał impulsowy prostokątny z generatora funkcyjnego nie większy niż 5 V – ustawić wcześniej, przed podłączeniem do układu, bez ujemnej składowej stałej. Ustalić na początek wypełnienie impulsu na 50%. Potem, po zmontowaniu układów pomiarowych, regulować wypełnienie impulsu (50-0) i obserwować zmiany amplitud na oscyloskopach. Po obserwacjach proszę przystąpić do pomiarów.

Układy 4N25 i 4N33

Obwód wyjściowy podłączyć według schematu przedstawionego na rys. 6. i spolaryzować napięciem stałym np. 10 V. Do obwodu wyjściowego należy dołączyć zewnętrzny rezystor (rys. 6.), odpowiadający za „podciąganie” sygnału wyjściowego do stanu wysokiego, np. z zakresu 470-560 omów. Na kanał A oscyloskopu podłączyć sygnał z tranzystora wyjściowego – gniazda 4 (U_{CE}). Do kanału B podłączyć sygnał z właściwego gniazda 2.

Układ HCPL2631

Podłączyć układ wg schematu z rys. 7. – wejście analogicznie jak dla układów 4N25 i 4N33. Bramki zasilić napięciem 5 V (nie przekraczać tej wartości!) – gniazda 9 (SUPPLY). Na kanał A oscyloskopu podłączyć sygnał z gniazda 3 (OUT3). Do kanału B podłączyć sygnał z właściwego gniazda 2. Pomiary przeprowadzić (jeśli czas pozwoli) dla obu bramek.

* Obserwować starannie zmiany prądu diody przy zmianie wypełnienia impulsu – uważać na zbyt duży prąd diody.

* Wyznaczone czasy porównać z danymi z kart katalogowych.

* Oszacować 3 dB pasmo f_{3dB} , czyli górną częstotliwość pasma przenoszenia transoptora zdefiniowaną wzorem:

$$f_{3dB} = 0,35/\tau$$

gdzie: τ jest to czas włączania (narostu sygnału) t_R lub wyłączenia (opadania sygnału) t_F (dłuższy z nich) transoptora.

Uwaga!

- * **Zwrócić uwagę na prawidłową polaryzację elementu i dopuszczalne napięcie!**
- * **Sprawozdanie musi zawierać tabele pomiarowe i wykresy!**
- * **Część rysunków zaczerpnięta z kart katalogowych badanych transoptorów.**