

ĆWICZENIE 19

TOR SPEKTROMETRYCZNY

I. Zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zrozumienie działania toru spektrometrycznego składającego się z półprzewodnikowego sensora promieniowania jonizującego oraz dołączonej doń elektroniki odczytu (nazywanej elektroniką front-end). Osiągnięciu tego celu służyć będzie wykonanie szeregu pomiarów podstawowych parametrów toru spektrometrycznego, takich jak:

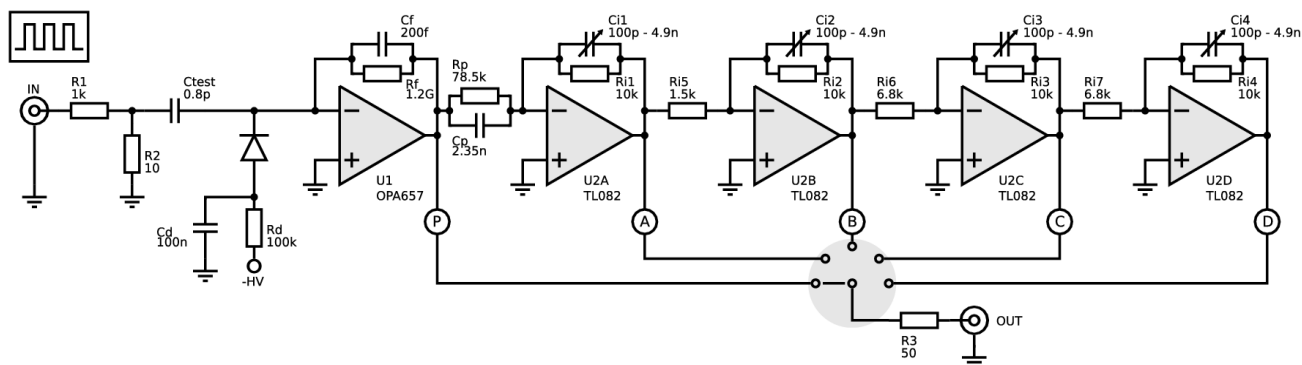
- Obserwacja impulsów na wyjściu przedwzmacniacza ładunkowego.
- Pomiar wzmacnienia ładunkowego przedwzmacniacza.
- Pomiar wzmacnienia ładunkowego pełnego toru spektrometrycznego.
- Pomiar rozmycia szumowego toru dla różnych stałych czasowych kształtowania i różnych rzędów filtra układu kształtującego.
- Pomiar rozmycia szumowego toru w funkcji napięcia polaryzacji sensora.
- Pomiar z użyciem rzeczywistych źródeł promieniowania jonizującego.

II. Przedmiot ćwiczenia

Przedmiotem ćwiczenia jest tor spektrometryczny składający się z trzech części :

- sensor promieniowania wraz z układem polaryzacji
- przedwzmacniacz ładunkowy z układem kompensacji biegun-zero (PZC)
- układ wzmacniająco-kształtujący (shaper)

Schemat ideowy toru przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 Schemat ideowy badanego toru spektrometrycznego.

Funkcję sensora promieniowania pełni fotodioda PIN, typu SFH206K. Dla poprawnego działania należy ją spolaryzować w kierunku zaporowym. Elementy R_d i C_d mają za zadanie filtrację napięcia polaryzującego. W normalnym trybie pracy dioda powinna być spolaryzowana napięciem -15 V.

Wzmacniacz ładunkoczuły utworzony jest za pomocą układu U1 wraz z elementami sprzężenia zwrotnego R_f , C_f . Układ U1 jest niskoszumnym wzmacniaczem operacyjnym pracującym w konfiguracji ładunkoczułej, zrealizowanej poprzez pojemnościowe ujemne sprzężenie zwrotne C_f . W celu umożliwienia rozładowania pojemności C_f dołączono doń równolegle dużą rezystancję R_f . Wartości elementów sprzężenia zwrotnego wynoszą $C_f \approx 200\text{fF}$, $R_f \approx 1.2\text{G}\Omega$.

Elementy C_p i R_p tworzą układ kompensacji biegun-zero, odtwarzając (i wzmacniając) na swoim wyjściu sygnał prądowy z detektora (deltę Diraca w idealnym przypadku). Kompensacja ta

realizowana jest poprzez uzyskanie stałej czasowej $R_p C_p$ równej $R_f C_f$.

Następujące kolejno po sobie stopnie zawierające układy U2A – U2D, wraz z towarzyszącymi im elementami biernymi, tworzą układy całkujące (filtry dolnoprzepustowe) o regulowanej stałej czasowej. Stopnie te zapewniają też niezbędne wzmocnienie sygnału.

Dodatkowo na wejściu układu umieszczono adaptor ładunkowy, umożliwiający wstrzykiwanie quasi-dirakowskich prądowych impulsów testowych. Wstrzykiwany ładunek jest zadany przy pomocy zewnętrznego generatora napięciowych impulsów prostokątnych. Zauważając iż rezystory R_1 i R_2 tworzą dzielnik rezystancyjny, można zapisać wartość wstrzykiwanego ładunku jako (1):

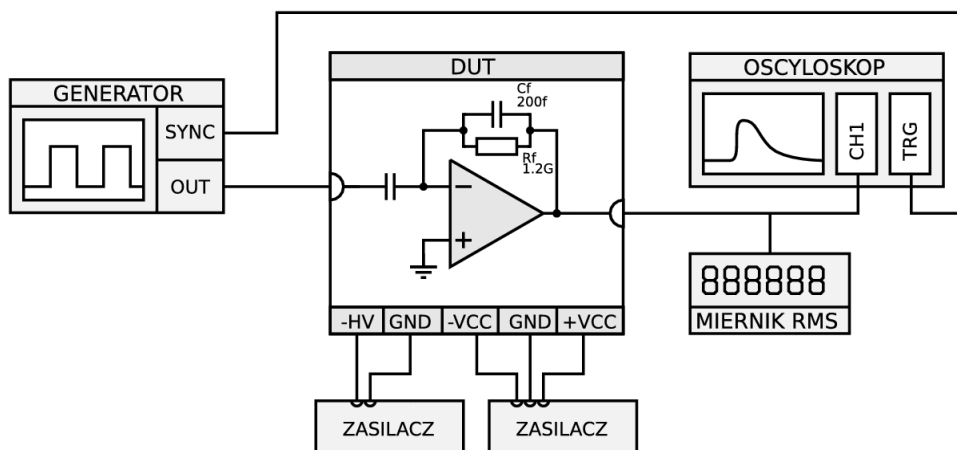
$$Q_{in} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} C_{test} V_{in} \quad (1)$$

Cały tor spektrometryczny zasilany jest napięciem symetrycznym +/- 7 V.

III. Plan pomiarów

1. Obserwacja impulsów na wyjściu przedwzmacniacza ładunkowego

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 2. Przełącznik OUTPUT przełączyć w pozycję **P**. Dla zadanego testowego impulsu prostokątnego z zewnętrznego generatora zaobserwować kształt odpowiedzi na wyjściu przedwzmacniacza ładunkowego. W szczególności zmierzyć czas narastania oraz stałą czasową opadania. Porównać stałą czasową opadania ze stałą czasową elementów sprzężenia zwrotnego przedwzmacniacza.



Rys. 2 Schemat zestawu pomiarowego.

2. Pomiar wzmocnienia ładunkowego przedwzmacniacza

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 2. Przełącznik OUTPUT przełączyć w pozycję **P**. Dla założonej amplitudy wejściowego sygnału testowego V_{in} , z generatora impulsów prostokątnych, wykonać pomiar amplitudy V_{omax} na wyjściu. Pomiar ten powtórzyć dla szeregu wartości V_{in} z przedziału 0 – 3 [V]. Wzmocnienie ładunkowe wyznaczyć na podstawie definicji (2):

$$K_u = \frac{V_{out}}{Q_{in}} \quad (2)$$

Powyższe pomiary wykonać dwukrotnie: z sensorem spolaryzowanym oraz przy zerowej polaryzacji. Uzyskane wyniki porównać z rozważaniami teoretycznymi.

3. Pomiar wzmocnienia ładunkowego pełnego toru

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 2. Przełącznik OUTPUT przełączyć na wyjście ostatniego stopnia układu kształtującego (pozycja **D**). Dla założonej amplitudy wejściowego sygnału testowego V_{in} z generatora impulsów prostokątnych, wykonać pomiar amplitudy V_{omax} na wyjściu. Pomiar ten powtórzyć dla szeregu wartości V_{in} z przedziału 0 – 3 [V]. Wzmocnienie ładunkowe wyznaczyć jak w poprzednim punkcie. Powyższe pomiary przeprowadzić dla prawidłowo spolaryzowanego sensora oraz dla dwóch wybranych stałych czasowych układu kształtowania (np. $3\mu s$ i $30\mu s$).

4. Pomiar ekwiwalentnego ładunku szumu (ENC)

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 2. Procedura pomiarowa obejmuje dwa etapy. W pierwszym dokonuje się pomiaru wartości średniokwadratowej napięcia szumów V_{rms} na wyjściu toru, przy odłączonym generatorze impulsów wzorcowych (pomiar dokonuje się przy pomocy miernika wartości średniokwadratowej napięcia). W drugim etapie, przy zachowaniu takiej samej konfiguracji układu, przeprowadzany jest pomiar amplitudy impulsu na wyjściu toru w odpowiedzi na impuls referencyjny niosący ładunek Q_{in} (pomiar ten dokonuje się przy użyciu oscyloskopu). Na podstawie powyższych pomiarów można wyliczyć ekwiwalentny ładunek szumowy (ENC) pełnego toru.

Widząc, iż:

$$ENC [C] = \frac{V_{rms}}{V_{out}} Q_{in} \quad (3)$$

wykonać wykresy $ENC [e^-]$ w funkcji stałej czasowej dla różnych stopni układu kształtowania (najlepiej na jednym wykresie). Porównać z obliczeniami teoretycznymi.

Powyższe pomiary należy przeprowadzić w funkcji wartości stałych czasowych kształtowania, osobno na wyjściach kolejnych rzędów filtru. Sugeruje się wykonanie pomiarów dla następujących stałych czasowych : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40 μs . Wyniki wygodnie jest zorganizować w postaci następującej tabeli:

Tabela 1. Wyniki pomiarów ładunkowej zdolności rozdzielczej.

Vin [mV]								
tau [us]	RC1 (A)		RC2 (B)		RC3 (C)		RC4 (D)	
	Vout [mv]	Vrms [mv]	Vout [mv]	Vrms [mv]	Vout [mv]	Vrms [mv]	Vout [mv]	Vrms [mv]
1								
2								
3								
..								
40								

5. Pomiar ENC w funkcji napięcia polaryzacji detektora

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 2. Procedura pomiarowa przebiega podobnie do tej z punktu 4. Pomiary wykonujemy dla optymalnej konfiguracji, tzn. rzędu filtru i stałej czasowej, wyznaczonej w poprzednim punkcie. Zmieniając napięcie polaryzacji detektora V_p w zakresie od 0 do -15 [V], wykonać pomiary ENC (pomiary wykonać gęściej dla napięć z zakresu od 0 do -3 V). Na podstawie zebranych danych wykreślić zależność ENC w funkcji V_p .

6. Pomiary z użyciem rzeczywistych źródeł promieniowania jonizującego

W wersji rozwiniętej ćwiczenia można dokonać szeregu pomiarów z wykorzystaniem rzeczywistych źródeł promieniowania jonizującego. W szczególności można wykonać następujące pomiary:

- a) obserwacja na oscyloskopie impulsów pochodzących od źródeł promieniowania jonizującego,
- b) pomiary widm posiadanych źródeł,
- c) pomiary widm fluorescencyjnych,
- d) kalibracja toru spektrometrycznego z wykorzystaniem referencyjnego źródła promieniowania.

Wykonanie powyższych oraz innych pomiarów uzależnione jest od dostępnego czasu, posiadanych źródeł i leży w gestii prowadzącego.

IV. Wyposażenie stanowiska ćwiczeniowego :

- Tor spektrometryczny (DUT)
- Dwa zasilacze laboratoryjne
- Generator funkcyjny
- Oscyloskop
- Miernik wartości średniokwadratowej (RMS)
- Wielokanałowy analizator amplitudy (tylko do punktu 6)

V. Literatura pomocnicza :

- [1] Korbel K. : Układy elektroniki "Front-End". Kraków, UWND AGH 2000
- [2] Korbel K. : Ekstrakcja informacji z sygnału radiometrycznego. Kraków, UWND AGH 2006
- [3] Korbel K. : Laboratorium elektroniki jądrowej. Kraków, UWND AGH 2002