

## ĆWICZENIE 3

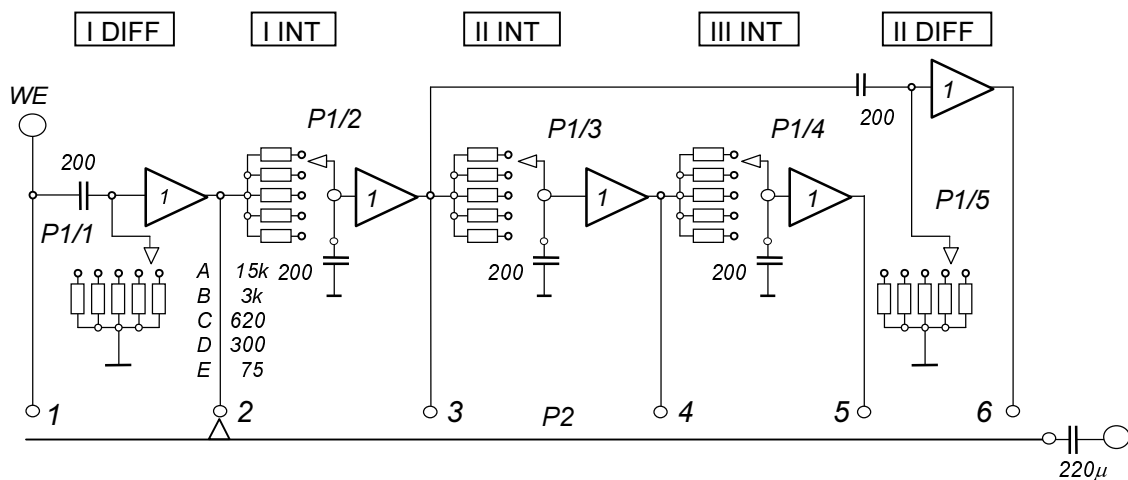
### FILTR QUASIGAUSSOWSKI $(CR)^m - (RC)^n$

#### I. Zakres ćwiczenia.

- Badanie własności filtracyjnych stacjonarnego, pojemnościowo-rezystywnego filtra quasi-gaussowskiego.
- Pomiary i obliczenia analityczne przepustowości widmowej filtru.
- Obserwacja modyfikacji widm szumowych oraz przebiegów czasowych impulsów „licznikowych” przez proste i złożone struktury filtrów  $RC$  dla różnych wartości ich stałych czasowych
- Pomiary wartości średniej kwadratowej napięcia szumów oraz amplitudy odpowiedzi na wymuszenie impulsem „licznikowym” [typu  $A \exp(-bt)$ ] w zadanych konfiguracjach filtru  $RC$ .
- Wyznaczenie zależności poziomu szumów wyjściowych od stałej czasowej filtru dla różnych konfiguracji filtru  $RC$  i dla różnych rodzajów szumu wejściowego (szum biały, szum typu  $1/f^2$ , oraz ich suma).
- Wyznaczenie zależności stosunku sygnału do szumu od wartości stałej czasowej zadanej konfiguracji filtru oraz zadanych przebiegów czasowych impulsu „licznikowego” i widma szumów.

#### II. Przedmiot ćwiczenia.

Przedmiotem ćwiczenia jest zespół filtrów górno- i dolno-przepustowych zmontowanych we wspólnym **module ćwiczeniowym** umożliwiającym realizację zadanych tematem ćwiczenia układów. Na rysunku 1 przedstawiono uproszczony schemat tego modułu oznaczanego skrótowo na schematach układów pomiarowych wg. terminologii anglosaskiej symbolem DUT 1 (*Device Under Test*).



Rys.1. Schemat układu modułu ćwiczeniowego

Moduł ćwiczeniowy (DUT 1) zawiera 2 obwody różniczkujące i 3 obwody całkujące o identycznych, przełączanych wspólnie przy pomocy przełącznika *P-1*, wartościach stałych czasowych. Obwody te separowane są aktywnymi wtórnymi w konfiguracji „super alfa”. Przełącznik kciukowy *P-2* pozwala wybrać wyjściowy punkt pomiarowy, stosownie do którego dokonuje się zarazem wyboru konkretnej konfiguracji filtru.

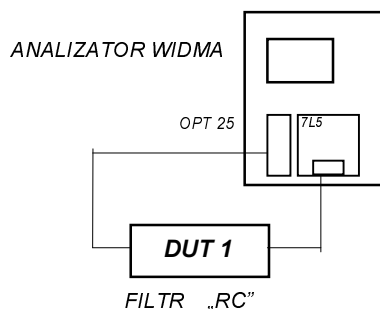
W szczególności w położeniu „1” WYJŚCIE modułu łączone jest bezpośrednio z jego WEJŚCIEM pozwalając na obserwację i pomiar sygnałowych i szumowych wymuszeń wejściowych. W położeniu „2” na WYJŚCIE modułu przekazywane są sygnały wyjściowe pierwszego obwodu różniczkującego [I DIFF], podlegając w nim odpowiedniej modyfikacji. W kaskadzie z tym obwodem włączony jest trwale obwód pierwszego całkowania [I INT], tworząc z nim filtr pasmowo-przepustowy CR-RC. Tę opcję ustala położenie przełącznika *P-2* w pozycji „3”. Kolejne ustawienia tego przełącznika w pozycjach „4”, „5” i „6” łączą poszczególne obwody odpowiednio w konfiguracje: CR-(RC)<sup>2</sup>, CR-(RC)<sup>3</sup> oraz (CR)<sup>2</sup>-RC.

### III. Program ćwiczenia - instrukcja szczegółowa.

#### 1) Pomiar przepustowości widmowej filtru.

Przedmiotem pomiaru są charakterystyki amplitudowe różnych konfiguracji filtrów wyznaczone w konwencjonalnym układzie „wobulatora”. W tym celu wykorzystano możliwości pomiarowe ANALIZATORA WIDMA [Tektronix - (7L5 + OPT25)].

Zestawić układ pomiarowy według rysunku 2, łącząc wejście filtru z wyjściem generatora sygnału o liniowo narastającej w czasie częstotliwości (OPT.25), a wyjście wybranej konfiguracji filtru z wejściem analizatora (7L5).



**Rys.2.** Schemat układu do pomiaru charakterystyki amplitudowej filtrów.

Ustawić przełączniki i pokręta regulacyjne ANALIZATORA WIDMA (7L5 + OPT.25) w następujących położeniach:

- Rozdzielczość (*resolution*) ..... 300 Hz
- Zakres (*frequency span*) ..... 20 kHz/dz.
- Poziom (*reference level*) ..... 10 mV/dz.
- Pocz.zakresu (*dot frequency*) ..... 100 kHz
- Szybkość przemieszczania (*sweep rate*) ..... max
- Poziom sygn.wobul. (*tracking level*) ..... max.

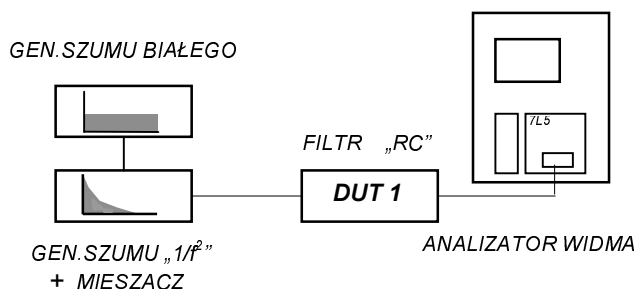
- Przeprowadzić serię pomiarów charakterystyk amplitudowych rozporządzalnych konfiguracji filtrów dla dostępnych wartości stałych czasowych. Obserwowane na ekranie ANALIZATORA 7L5 przebiegi charakterystyk skonfrontować z przykładowymi obliczeniami teoretycznymi.

Obliczenia takie przeprowadzić dla doraźnie wskazanego przypadku, wykorzystując w tym celu wyposażenie komputerowe LABORATORIUM.

## 2) Obserwacja rozkładów widmowych szumów.

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 3. W układzie tym szumy z obu generatorów przekazywane są na układ badany (DUT 1) za pośrednictwem sumatora (MIESZACZA) mieszającego się w module konstrukcyjnym generatora SZUMU CZERWONEGO (takim mianem przyjęto nazywać szum o gęstości widmowej mocy odwrotnie proporcjonalnej do kwadratu częstotliwości, i oznaczać krótko symbolem „ $1/f^2$ ”).

Podłączenia obu źródeł szumu do sumatora należy dokonać, stosownie do potrzeb, przy pomocy zewnętrznych połączeń kabelkami koncentrycznymi. Do pomiaru i wizualizacji rozkładów widmowych badanych szumów służy ANALIZATOR WIDMA TEKTRONIX 7L5.



**Rys.3.** Schemat układu do obserwacji rozkładów widmowych szumów

Dokonać obserwacji widm szumów w punktach węzłowych badanego układu FILTRU (w pozycjach 1,2,3,4,5,6 przełącznika P-2) dla różnych (wybieranych przełącznikiem P-1) wartości stałych czasowych w warunkach transmisji wyłącznie szumu białego, samego szumu czerwonego, oraz sumy obu tych rodzajów szumu. W szczególności w pozycji 1 przełącznika P-2 ocenić wartość **narożnej częstotliwości szumów** (*noise-corner frequency*), tj. częstotliwości dla której poziomy obu składowych szumów są takie same.

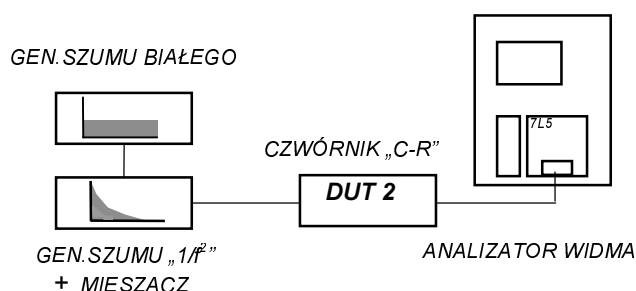
Bliższe informacje dotyczące generatorów szumu zamieszczono w DODATKU A.

## 3) Badanie efektu „wybielania” szumu kolorowego.

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 4. Podstawowy moduł ćwiczeniowy [DUT 1] zastąpiono w nim prostym czwórnikiem różniczkującym [DUT 2] o regulowanej w sposób ciągły stałej czasowej. Przy ustalonej wartości pojemności tego obwodu ( $C=200\text{pF}$ ) zmianę wartości jego stałej czasowej umożliwia potencjometr wieloobrotowy (HELIPOT) o rezystancji regulowanej płynnie w zakresie  $\{0 \div 4.7 \text{ k}\Omega\}$ .

Celem tego zadania jest obserwacja widma szumów na wyjściu czwórnika „C-R”, na wejście którego podano równocześnie SZUM BIAŁY i SZUM typu  $1/f^2$  (CZERWONY).

Zmieniając stopniowo wartość stałej czasowej obwodu różniczkującego uchwycić moment „WYBIELENIA” złożonego szumu kolorowego.

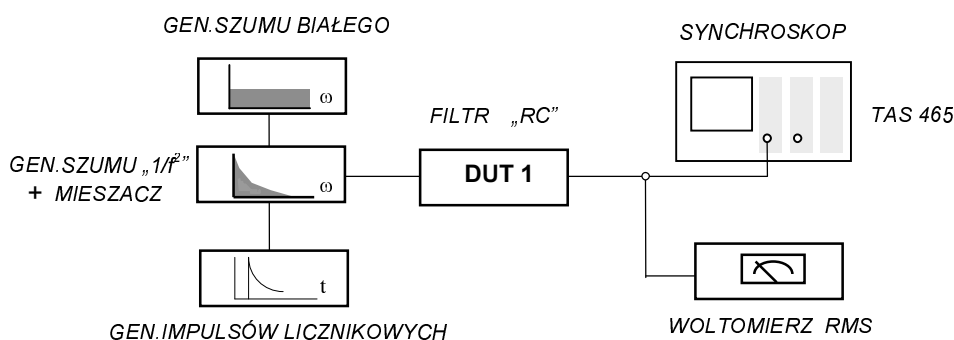


**Rys.4.** Schemat układu do obserwacji efektu wybielenia szumu

Odnotać wartość rezystancji HELIPOTU i obliczyć przynależną jej wartość **narożnej szumowej stałej czasowej** (*noise-corner time-constant*). Skonfrontować uzyskany rezultat z wynikiem pomiaru **narożnej częstotliwości szumów**.

#### 4) Pomiary poziomu sygnału i szumu.

Zestawić układ pomiarowy zgodnie ze schematem podanym na rysunku 5. W układzie tym zespół generatorów szumu uzupełniono GENERATOREM IMPULSÓW LICZNIKOWYCH o regulowanych parametrach sygnału: amplitudzie, czasie narastania i czasie opadania. Sygnały wyjściowe filtra przekazywane są do dwóch równoległych gałęzi pomiarowych: gałęzi pomiaru amplitudy przenoszonych impulsów licznikowych i wartości międzyszczytowej szumów (OSCYSKOP) oraz gałęzi pomiaru wartości średniokwadratowej szumów (WOLTOMIERZ RMS).



**Rys.5.** Schemat układu do pomiaru stosunku sygnału do szumu

- Podłączyć na wejście MIESZACZA (w module GENERATORA SZUMU CZERWONEGO) tylko GENERATOR SZUMU BIAŁEGO i dokonać następujących pomiarów:

- a) **Pomiary wartości średniej kwadratowej napięcia szumów** na wyjściach wszystkich możliwych do zrealizowania konfiguracji filtrów.
- b) **Pomiary wartości międzyszczytowej napięcia szumów** na wyjściu konfiguracji RC-CR.

- Podłączyć na wejście MIESZACZA (jak uprzednio) wyłącznie GENERATOR SZUMU typu  $1/f^2$  (CZERWONEGO) i dokonać analogicznych pomiarów jak w przypadku pomiarów szumu białego.
- Podłączyć na wejście MIESZACZA sam GENERATOR IMPULSÓW LICZNIKOWYCH i dokonać **pomiaru amplitudy impulsu licznikowego** na wyjściach wszystkich możliwych konfiguracji filtrów dla amplitudy impulsu wejściowego  $V_{i\ max} = 500\text{ mV}$  i czasu opadania  $t_o = 100\ \mu\text{ s}$ , oraz czterech wartości czasu narastania  $t_n = 0.05\ \mu\text{ s}$ ,  $0.1\ \mu\text{ s}$ ,  $0.2\ \mu\text{ s}$  i  $0.5\ \mu\text{ s}$ .

Rezultaty wszystkich pomiarów przedstawić tabelarycznie. Na ich podstawie **obliczyć** wartości **stosunku sygnału do szumu** (całkowitego) „**SNR**” dla konfiguracji filtru  $CR-RC$ ,  $CR-(RC)^2$  oraz  $(CR)^2-RC$  i wykreślić odnośne przebiegi zależności  $SNR = f(\tau)$ .

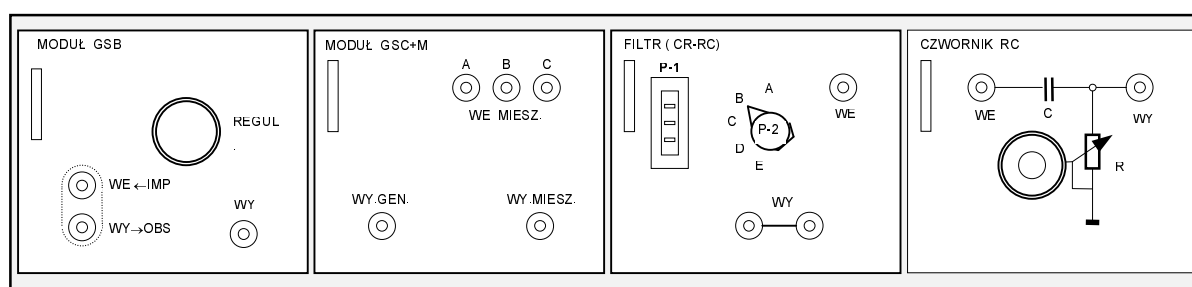
- Przeprowadzić pomiar sprawdzający poziomu szumu sumarycznego podając na wejście sumatora sygnał szumowy z obu generatorów szumu.

Dla konfiguracji  $(CR)^2-RC$  obliczenia wartości  $SNR$  wykonać względem podstawowej części impulsu bipolarnego.

- Podłączyć na wejście MIESZACZA obydwa generatory szumów i generator impulsów licznikowych. Dokonać obserwacji skażenia szumowego przenoszonych impulsów licznikowych. Przeszkicować obraz z ekranu oscyloskopu.

#### **IV. Wyposażenie stanowiska ćwiczeniowego.**

- Moduł ćwiczeniowy DUT 1 – FILTR  $(CR)^m-(RC)^n$ . (Wkładka systemu STANDARD 70)
- Moduł ćwiczeniowy DUT 2 - CZWÓRNIK CR. (Wkładka systemu STANDARD 70)
- Moduł GENERATORA SZUMU BIAŁEGO (Wkładka systemu STANDARD 70)
- Moduł GENERATORA SZUMU  $1/f$  i MIESZACZA (Wkładka syst. STANDARD)
- Generator impulsów licznikowych typu RP1 (Berkeley Nucleonics Corporation)
- ANALIZATOR WIDMA 7L5 + OPT.25 (Tektronix)
- Woltomierz wartości średniej kwadratowej typu HP 3400 (Hewlett-Packard)
- Oscyloskop pomiarowy typu TAS 465 lub TDS 220
- Obudowa ZNN-41 systemu STANDARD (z zasilaczem niskiego napięcia).
- Kable i przewody połączeniowe.



ROZMIESZCZENIE WKŁADEK MODUŁOWYCH W OBUDOWIE SYSTEMU „STANDARD”

## **V. Literatura pomocnicza.**

1. K.Korbel, W.Dąbrowski.: *Filtracja sygnału w spektrometrycznym torze pomiarowym. Filtry analogowe*. Skrypty Uczelniane AGH Nr.1318, Wyd.AGH, Kraków 1992.
2. K.Korbel.: *Profilaktyka i terapia antyszumowa układów elektroniki „Front-End”*. Skrypty Uczelniane AGH Nr.1523, Wyd.AGH, Kraków 1997.
3. Instrukcje obsługi ANALIZATORA WIDMA 7L5: SPECTRUM ANALYZER OPERATOR. SPECTRUM ANALYZER OPTIONS”, 1979.
4. Instrukcja obsługi GENERATORA IMPULSÓW RP1 (BNC),
5. Instrukcja obsługi WOLTOMIERZA RMS HP-3400
6. Instrukcja obsługi OSCYLOSKOPU TAS 465.
7. M.Masny: *Laboratoryjna aparatura techniki jądrowej na obwodach scalonych „STANDARD”* Bibl. PTJ. Nr.80 (598), OIEJ, Warszawa, 1976.
8. Opisy funkcjonalno-techniczne GENERATORÓW SZUMÓW (DODATEK A)