

# Przykłady wybranych fragmentów prac egzaminacyjnych z komentarzami Technik elektronik 311[07]

## Zadanie egzaminacyjne

Zespół muzyczny zlecił firmie wykonującej usługi elektroniczne zaprojektowanie i wykonanie korektora graficznego posiadającego określone parametry techniczne. Po zaprojektowaniu urządzenia wykonano jego prototyp. Następnie uruchomiono urządzenie, poddano go badaniom w celu sprawdzenia zgodności jego parametrów z założonymi parametrami technicznymi. Jednym ze sprawdzanych bloków korektora graficznego był zespół filtrów aktywnych.

Opracuj projekt realizacji prac związanych z uruchomieniem i sprawdzeniem działania filtra aktywnego, którego schemat i dane techniczne przedstawiono w załącznikach 1 i 2.

Wyznacz charakterystykę przejściową  $U_{wy} = f(U_{we})$  przy  $f = f_0$  oraz charakterystykę częstotliwościową  $K_u = f(f)$  przy  $U_{we} = \text{const.}$  Oblicz parametry filtra i porównaj je z danymi technicznymi (Załącznik 2). Parametry filtra mogą odbiegać od założonych o  $\pm 10\%$ . Przedstaw wnioski dotyczące poprawności działania filtra aktywnego.

## Projekt realizacji prac powinien zawierać:

1. Tytuł pracy egzaminacyjnej wynikający z treści zadania.
2. Założenia do opracowania projektu wynikające z treści zadania, danych technicznych układu, wyposażenia stanowiska pomiarowego i wykonanych pomiarów.
3. Wykaz działań związanych z uruchomieniem i badaniem filtra aktywnego oraz wykaz mierzonych i obliczanych jego parametrów.
4. Schematy układów pomiarowych do wyznaczania:
  - charakterystyki przejściowej  $U_{wy} = f(U_{we})$  przy  $f = f_0$ ,
  - charakterystyki częstotliwościowej  $K_u = f(f)$  przy  $U_{we} = \text{const.}$ ,oraz opis sposobu wykonania pomiarów przy wyznaczaniu charakterystyk.
5. Wskazania eksploatacyjne dotyczące filtra wynikające z założonych parametrów technicznych i użytkowych.

**Dokumentacja z wykonania prac powinna zawierać:**

6. Charakterystykę przejściową i charakterystykę częstotliwościową badanego filtra aktywnego, wykreślone w podziałce liniowej na papierze milimetrowym zamieszczonym w Karcie Pracy Egzaminacyjnej, z zaznaczeniem na charakterystykach odczytanych wartości koniecznych do obliczeń lub porównania.
7. Obliczenia parametrów filtra z podaniem przykładowych obliczeń, porównanie obliczonych i odczytanych z wykresów parametrów z danymi technicznymi, oraz wnioski dotyczące poprawności działania filtra.

**Do wykonania zadania wykorzystaj:**

Opis układu – Załącznik 1

Dane techniczne układu i wyposażenie stanowiska pomiarowego – Załącznik 2

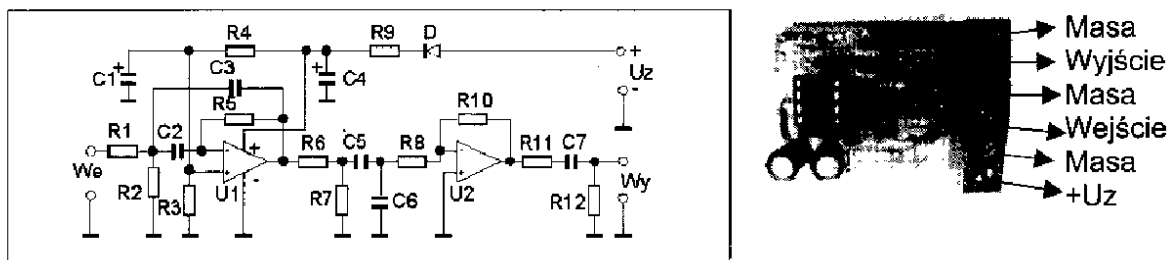
Zestaw podstawowych wzorów – Załącznik 3

Wyniki pomiarów uzyskane podczas badania układu filtra aktywnego – Załącznik 4

**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 240 minut.**

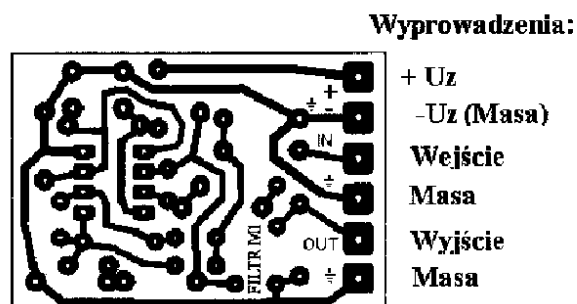
## Opis układu

Układ jest selektywnym filtrem aktywnym o częstotliwości środkowej  $f_0 = 180$  Hz, wykonanym w oparciu o układ scalony TL072 zawierający dwa wzmacniacze operacyjne. Filtry tego typu charakteryzują się dużą stabilnością i małą wrażliwością na zmiany parametrów sygnału wejściowego.



Rys.1. Schemat ideowy filtra aktywnego oraz jego zdjęcie

C1 – 100 $\mu$ /16	R1 – 470k
C2 – 10n	R2 – 10k
C3 – 10n	R3 – 470k
C4 – 100 $\mu$ /16	R4 – 470k
C5 – 100n	R5 – 820k
C6 – 1n	R6 – 1k
C7 – 22n	R7 – 100k
D – 1N 4001, (BYP 401-100)	R8 – 47k
U1, U2 – TL 072	R9 – 22
	R10 – 100k
	R11 – 100
	R12 – 100k



Rys. 2. Wartości elementów i schemat płytki drukowanej

## Dane techniczne układu i wyposażenie stanowiska pomiarowego

Tabela 1. Parametry elektryczne i użytkowe

Nazwa parametru	Oznaczenie	Wartość i jednostka
Napięcie zasilające DC	$U_z$	12 V
Maksymalne napięcie wejściowe AC	$U_{we\ max}$	2,5 V
Typowe napięcie wejściowe AC	$U_{we\ typ}$	2 V
Wzmocnienie napięciowe maksymalne (przy $f=f_0$ i $U_{we\ typ}$ )	$K_{u\ max}$	1,4 V/V
Częstotliwość graniczna dolna	$f_d$	165 Hz
Częstotliwość graniczna górna	$f_g$	210 Hz
Częstotliwość środkowa filtru	$f_0$	180 Hz
Pasma przenoszenia $B_3$	$B_3$	45 Hz
Współczynnik prostokątności	$p$	0,1
Dobroć obwodu	$Q$	4
Zakres temperatury otoczenia	$\Delta T_o$	0-50 °C
Wilgotność względna	$w$	30% - 80%

Parametry filtru mogą odbiegać od założonych o  $\pm 10\%$ .

**Wyposażenie stanowiska pomiarowego:**

- Źródło napięcia 12 V/1 A – szt. 1
- Multimetr U/I, AC/DC, z możliwością pomiarów sygnałów m.cz. do częstotliwości  $f_{max} = 1$  kHz – szt. 2
- Oscyloskop dwukanałowy z przewodami pomiarowymi - szt. 1
- Generator funkcyjny z przewodem pomiarowym - szt. 1
- Zestaw przewodów połączeniowych - szt. 8

**Zestaw podstawowych wzorów**

Przeprowadzenie pomiarów w układzie (charakterystyka przejściowa i częstotliwościowa) pozwala na wyznaczenie parametrów:

- wzmocnienie napięciowe:  $K_u = U_{wy} / U_{we}$  przy  $f = \text{const}$ .
- częstotliwość środkowa  $f_0$ , przy której układ osiąga maksymalne wzmocnienie,
- częstotliwość dolna i górna:  $f_d$  i  $f_g$ ,
- pasmo  $B_3$  - zakres częstotliwości, dla których  $K_u$  jest większe od  $0,707 K_{u\ max}$ ,

$$B_3 = f_g - f_d$$

- pasmo  $B_{20}$  - zakres częstotliwości, dla których  $K_u$  jest większe od  $0,1 K_{u\ max}$ ,

- współczynnik prostokątności:

$$p = \frac{B_3}{B_{20}}$$

- dobroć filtru:

$$Q = \frac{f_0}{B_3}$$

## Wyniki pomiarów uzyskane podczas badania układu filtru aktywnego

Pomiar napięcia wyjściowego w zależności od napięcia wejściowego.

Tabela 2. Wyniki pomiarów  $U_{wy} = f(U_{we})$  przy  $f = \text{const.}$

$f_0 = \text{const.} = 180 \text{ Hz}$					
$U_{we}, \text{V}$	0,28	0,51	1,00	1,50	2,00
$U_{wy}, \text{V}$	0,40	0,75	1,47	2,14	2,78

Pomiar napięcia wyjściowego w zależności od częstotliwości.

Tabela 3. Wyniki pomiarów  $U_{wy} = f(f)$  przy  $U_{we} = \text{const.}$

$U_{we} = \text{const.} = 2 \text{ V}$										
$f_{we}, \text{Hz}$	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$U_{wy}, \text{V}$	0,11	0,27	0,39	0,56	0,66	1,10	1,72	2,78	2,21	1,73
$K_u, \text{V/V}$										

$U_{we} = \text{const.} = 2 \text{ V}$										
$f_{we}, \text{Hz}$	240	260	280	300	320	360	400	440	500	580
$U_{wy}, \text{V}$	1,25	1,04	0,84	0,74	0,63	0,52	0,46	0,39	0,33	0,27
$K_u, \text{V/V}$										

**W pracach egzaminacyjnych oceniane były następujące elementy:**

- I. Tytuł pracy egzaminacyjnej
- II. Założenia do opracowania projektu wynikające z treści zadania, danych technicznych układu, wyposażenia stanowiska pomiarowego i wykonanych pomiarów
- III. Wykaz działań związanych z uruchomieniem i badaniem układu oraz wykaz mierzonych i obliczanych parametrów filtru aktywnego
- IV. Schematy układów pomiarowych do wyznaczania charakterystyk oraz opis sposobu wykonania pomiarów przy wyznaczaniu charakterystyk
- V. Wskazania eksploatacyjne dotyczące filtru wynikające z założonych parametrów technicznych i użytkowych
- VI. Charakterystyki: przejściowa i częstotliwościowa badanego filtru
- VII. Obliczenia parametrów filtru oraz porównanie otrzymanych parametrów wraz z wnioskami dotyczącymi poprawności działania filtru
- VIII. Praca egzaminacyjna jako całość

Praktycznie wszystkie oceniane i wymagane elementy pracy znajdowały się w treści zadania – patrz „Projekt realizacji prac powinien zawierać” i „Dokumentacja z wykonania prac powinna zawierać”. Podczas oceniania egzaminatorzy zwrócili uwagę, iż wielu absolwentów technikum nie potrafi czytać ze zrozumieniem, zdający mieli problemy z interpretacją poleceń stawianych w zadaniu egzaminacyjnym.

## Ad. I. Tytuł pracy egzaminacyjnej

W tytule pracy oceniane były dwa elementy – rodzaj wykonywanych prac oraz nazwa badanego urządzenia. Najczęściej pojawiał się standardowy zwrot: „projekt realizacji prac związanych z..... „ - co jest nawykiem wynikającym z lat poprzednich.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:

Przykład 1.

PROJEKT REALIZACJI PRAC ZWIĄZANYCH  
(tytuł pracy egzaminacyjnej)  
Z URUCHOMIENIEM I SPRAWDZENIEM DZIAŁANIA  
FILTRU AKTYWNEGO

Przykład 2.

Opracowanie projektu prac związanych z uruchomieniem  
(tytuł pracy egzaminacyjnej)  
i sprawdzeniem działania filtra aktywnego.

Wystarczający byłby przykładowo tytuł „Badanie korektora graficznego”.

Przykład 3.

Uruchomienie i sprawdzenie poprawności działania  
(tytuł pracy egzaminacyjnej)  
filtra aktywnego.

Ta część pracy egzaminacyjnej nie nastęczała kłopotów - praktycznie wszyscy zdający radzili sobie z zapisaniem tytułu. Rzadko pojawiające się błędy dotyczyły przeważnie rodzaju wykonywanych prac. Zdarzały się również tytuły bardzo długie – zawierające praktycznie wszystko co zdający chciał przedstawić w pracy.

## Ad. II. Założenia do opracowania projektu wynikające z treści zadania, danych technicznych układu, wyposażenia stanowiska pomiarowego i wykonanych pomiarów

Ta część pracy egzaminacyjnej powinna zawierać wszystkie informacje potrzebne do wykonania projektu. Najważniejsze z nich to: parametry badanego układu elektronicznego, wyposażenie stanowiska pomiarowego, jak również rodzaj wykonanych pomiarów przy badaniu filtra.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:

Przykład 1.

### 1.1. Parametry i dane techniczne filtra aktywnego

Nazwa parametru	Oznaczenie	Wartość i jednostka
Napięcie zasilające	$U_z$	12V
Maksymalne napięcie wejściowe AC	$U_{we\ max}$	2,5V
Typowe napięcie wyjściowe AC	$U_{we\ typ}$	2V
Wzmocnienie napięciowe maksymalne (przy $f = f_0$ i $U_{we\ typ}$ )	$K_u\ max$	1,4 V/V
Częstotliwość graniczna dolna	$f_d$	165Hz
Częstotliwość graniczna górną	$f_g$	210Hz
Częstotliwość środkowa filtra	$f_0$	180 Hz
Pasma przenoszenia $B_3$	$B_3$	45Hz
Współczynnik prostokątności	$P$	0,1
Dobroć obwodu	$Q$	4
Zakres temperatury obciążenia	$A_{T_0}$	0-50°C
Wilgotność względna	$W$	30%-90%

### 1.2 Dostępne przyrządy pomiarowe:

- Źródło napięcia 12V/1A - 1 szt.
- multimetr U/I, AC/DC z możliwością pomiarów sygnałów m.c.2. do częstotliwości  $f_{max} = 1\text{kHz}$  - 2 szt.
- oscyloskop dwukanałowy z przewodami pomiarowymi - 1 szt.
- generator funkcyjny z przewodami pomiarowymi - 1 szt.
- zestaw przewodów połączeniowych - 8 szt.



### 1.3. Wykonywane pomiary:

- wyznaczenie wzmocnienia napięciowego maksymalnego
- wyznaczenie częstotliwości środkowej  $f_0$ , przy której układ osiąga maksymalne wzmocnienie
- częstotliwość dolna i górna:  $f_d$  i  $f_g$
- wyznaczenie pasma  $B_3$
- wyznaczenie pasma  $B_{20}$
- obliczenie współczynnika prostokątności
- obliczenie dobrotę filtra (obwodu)

## Przykład 2.

1. Parametry techniczne układu (parametry elektryczne i użytkowe)		
Nazwa parametru	Oznaczenie	Wartość i jednostka
Napięcie zasilające DC	$U_z$	12 V
Maksymalne napięcie wejściowe AC	$U_{we\ max}$	2,5 V
Typowe napięcie wejściowe AC	$U_{we\ typ}$	2 V
Zwzmacnienie napięciowe maksymalne przy $f = f_0$ i $U_{we\ typ}$	$K_{u\ max}$	1,4 V/V
Częstotliwość graniczna dolna	$f_d$	165 Hz
Częstotliwość graniczna górna	$f_g$	210 Hz
Częstotliwość środkowa filtra	$f_0$	180 Hz
Pasma przeniesienia $B_3$	$B_3$	45 Hz
Współczynnik przelotowości	$\rho$	0,1
Dobroć obrotów	$Q$	4
Zakres temperatury otoczenia	$\Delta T_0$	0-50 °C
Wilgotności względna	$w$	30% - 80%

Parametry filtra mogą odbiegać od zaliczonych o  $\pm 10\%$

## 2. Wyznaczenie sterownika pomiarowego

- Źródło napięcia 12V 1A - str. 1
- Multimetr UNI, AC/DC, z możliwością pomiarów sygnałów m. z. do częstotliwości  $f_{max} = 1\text{ kHz}$  - str. 2
- Oscyloskop chropakowaty z przewodami pomiarowymi - str. 1

- Generator funkcyjny z przewodami pomiarowymi - str. 1

- Zestaw przewodów polimerowych - str. 8.

## 3. Pomiar konieczny do przeprowadzenia ... (m. i. n. wykonanie)

- charakterystyka przejścia.
- charakterystyka częstotliwościowa
- wzmacnienie napięciowe
- częstotliwość dolna i górna
- pasmo  $B_{30}$
- dolna filtra
- częstotliwość środkowa
- pasmo  $B_3$
- współczynnik przelotowości

### Przykład 3.

#### I.1. Dane techniczne układu:

- Napięcie zasilające DC  $\rightarrow U_Z = 12 [V]$
- Maksymalne napięcie wyjściowe AC  $\rightarrow U_{we\ max} = 2,5 [V]$
- Typowe napięcie wyjściowe AC  $\rightarrow U_{we\ typ} = 2 [V]$
- Wzmocnienie napięciowe maksymalne (przy  $f=f_0$  i  $U_{we\ typ}$ )  $\rightarrow K_{u\ max} = 1,4 [V/V]$
- Częstotliwość graniczna dolna  $\rightarrow f_d = 165 [Hz]$
- Częstotliwość graniczna górna  $\rightarrow f_g = 210 [Hz]$
- Częstotliwość środkowa filtra  $\rightarrow f_0 = 180 [Hz]$
- Pasmo przenoszenia  $B_3 \rightarrow B_3 = 45 [Hz]$
- Współczynnik prostokątności  $\rightarrow p = 0,1$
- Dobroć obwodu  $\rightarrow Q = 4$
- Zakres temp. obrotzenia  $\rightarrow \Delta T_0 = 0 \div 50 [^{\circ}C]$
- Wilgotność względna  $\rightarrow w = 30 \div 80 [\%]$

Parametry filtra mogą odbiegać od założonych o  $\pm 10\%$

#### I.2. Wyposażenie stanowiska pomiarowego:

- \* Źródło napięcia  $12[V]/1[A]$   $\rightarrow$  szt. 1
- \* Multimetr U/I, AC/DC, z możliwością pomiarów sygnałów m. cz. do częstotliwości  $f_{max} = 1\text{kHz}$   $\rightarrow$  szt. 2
- \* Oscyloskop dwukanałowy z przewodami pomiarowymi  $\rightarrow$  szt. 1
- \* Generator funkcyjny z przewodem pomiarowym  $\rightarrow$  szt. 1
- \* Zestaw przewodów połączeniowych  $\rightarrow$  szt. 8.

#### I.3. Pomiary do wykonania:

- \* pomiar napięcia wyjściowego w zależności od napięcia wejściowego  $U_{wy} = f(U_{we})$ , przy  $f = \text{const.}$
- \* pomiar napięcia wyjściowego w zależności od częstotliwości  $U_{wy} = f(f)$ , przy  $U_{we} = \text{const.}$

Najczęściej zdający zapominali o rozrzucie parametrów. Każdy układ elektroniczny ma określony rozrzut parametrów i należy o tym pamiętać. Ponadto w założeniach zdający nie zawsze uwzględniali wykonane pomiary charakterystyki przejściowej i częstotliwościowej.

### **Ad. III. Wykaz działań związanych z uruchomieniem i badaniem układu oraz wykaz mierzonych i obliczanych parametrów filtra aktywnego**

Wykaz działań jest częścią pracy, w której zdający powinien określić kolejne czynności, które będzie wykonywał przy realizacji projektu (badania gotowego układu elektronicznego, a nie jego wykonania czy montażu!). Jest to nierozdzielna część całości pracy egzaminacyjnej. Ponadto w pracy powinien pojawić się osobno sporządzony wykaz mierzonych i obliczanych parametrów zgodnie z poleceniem w zadaniu.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:

Przykład 1.

II. Wykaz działań związanych z uruchomieniem i badaniem filtra
1. Określenie warunków zasilania
2. Określenie mierzonych parametrów (i obliczanych)
3. Namalowanie schematów układów pomiarowych
4. Sporządzenie wykazu aparatury kontrolno-pomiarowej
5. Zmontowanie układów
6. Wykonanie pomiarów
7. Wykonanie obliczeń danych parametrów
8. Namalowanie charakterystyk
9. Porównanie zmierzonych i obliczonych parametrów z danymi katalogowymi
10. Opracowanie wniosków
11. Opracowanie wskazań eksploatacyjnych.

ad 2. Parametry do zmierzenia i obliczenia:

- napięcie wyjściowe w zależności od napię. wejściowego
- napięcie wyjściowe w zależności od częstotliwości
- wzmocnienie napięciowe
- wyznaczenie pasma przeniesienia, oraz  $\beta_{20}$  częstotliwości środkowej oraz częstotliwości granicznych, współczynnika prostokątności i obrotu filtra.

## Przykład 2.

1. Wykaz działań związanych z uruchomieniem i sprawdzeniem działania filtra aktywnego:

- określenie warunków pracy warunków załadowania badanego filtra aktywnego
  - określenie badanych charakterystycznych parametrów badanego filtra
  - sporządzenie schematów blokowych układu do pomiarów
  - sporządzenie wykazu aparatury pomiarowo-kontrolnej
  - połączenie układu do pomiarów
  - pomiary i zapisanie wyników w tabelach
  - wyznaczenie odpowiednich charakterystyk
  - wykonanie obliczeń
  - porównanie parametrów zmierzonych z danymi katalogowymi
  - po sformułowaniu odpowiednich wniosków dotyczących prawidłowego działania filtra
  - sporządzenie raportu eksploatacyjnego.
- obliczenie  $f_{lu}$ ,  $f_{\dot{d}}$ ,  $f_{\dot{g}}$ ,  $f_0$ ,  $B_3$ ,  $\rho$ ,  $Q$  na podstawie charakterystyk i pomiarów

### Przykład 3.

- wzmacnienie napięciowe	- częstotliwość środkowa
- częstotliwość dolna i górna	- pasmo $B_3$
- pasmo $B_{20}$	- współczynnik przebiegłości
- dolna filtra	

**II** Wykonanie charakterystyk zwichniętych z uwzględnieniem i badaniem filtra aktywnego

1. Sprawdzenie stanu technicznego i urządzeń pod kontrolą przepływu BHP i ppoz.
2. Zapoznanie się z dokumentacją urządzeń
3. Sporządzenie wykazu aparatury
4. Ustalenie pomiarów koniecznych do przeprowadzenia
5. Ustalenie parametrów zasilania urządzeń
6. Nierównanie składek pomiarowych
7. Sporządzenie skróconego opisu przeprowadzenia pomiarów.
8. Sporządzenie wykazu działań
9. Dokonanie pomiarów
10. Dokonanie pomiarów
11. Zapisanie wyników pomiarów w tabelach.
12. Dokonanie obliczeń
13. Wykreślenie charakterystyk
14. Porównanie otrzymanych wartości z danymi katalogowymi.
15. Opracowanie wyników
16. Opracowanie wskazań ekologicznych.

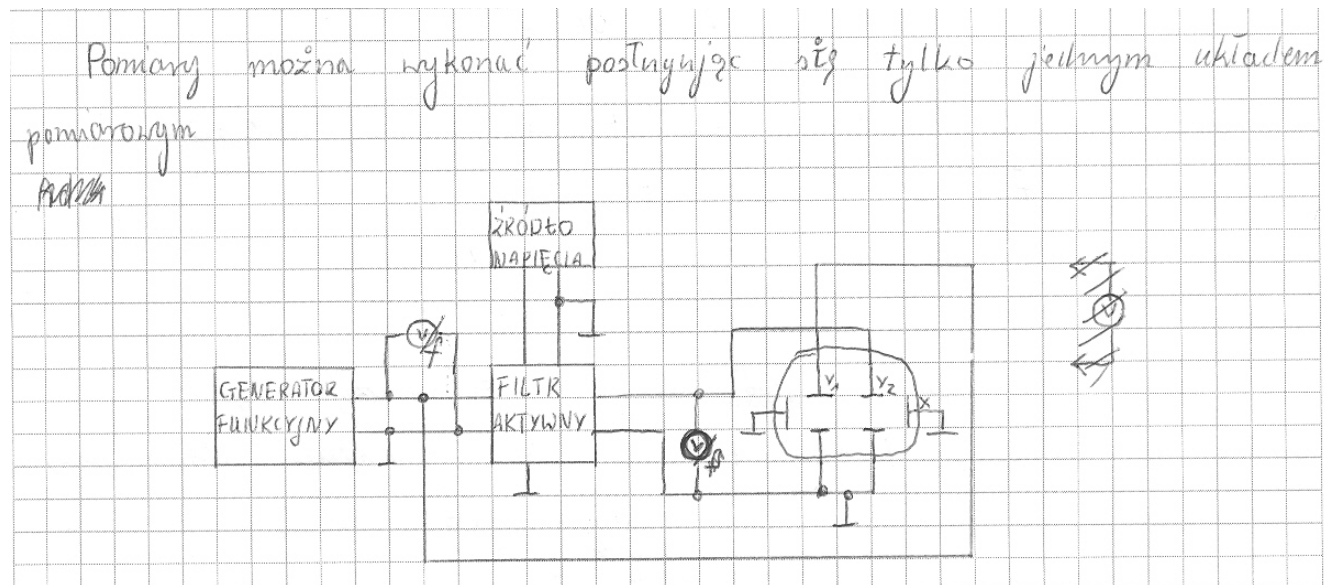
Znaczna część zdających nie pisała wykazu działań jako listy kolejnych czynności prowadzących do wykonania zadania. Często zdający „zapominali” o określeniu warunków zasilania, jednakże najczęściej występującym błędem był brak wykazu mierzonych i obliczanych parametrów filtra.

### **Ad. IV. Schematy układów pomiarowych do wyznaczania charakterystyk oraz opis sposobu wykonania pomiarów przy wyznaczaniu charakterystyk**

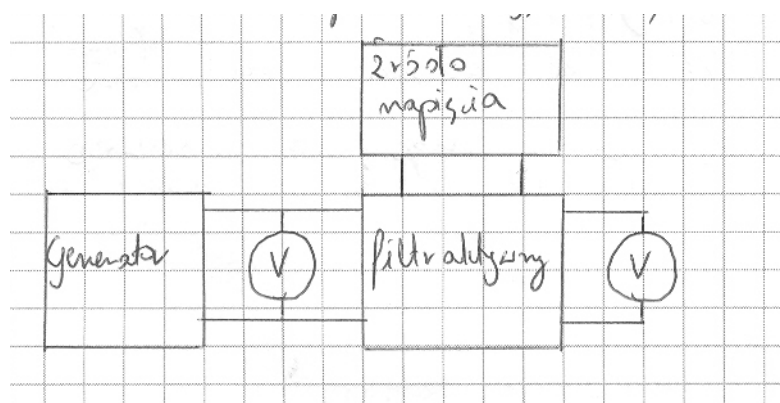
Ten element pracy stanowił zasadniczą część projektu. Należało tutaj narysować schematy do pomiaru charakterystyki przejściowej i częstotliwościowej. Schematy te winny wykorzystywać wyłącznie dostępną aparaturę będącą na wyposażeniu stanowiska (zgodnie z treścią zadania). Ponadto powinien również wystąpić w tym elemencie opis sposobu pomiaru z uwzględnieniem wielkości utrzymywanych jako stałe czy zmienne, jak również parametrów mierzonych.

Przykładowe schematy:

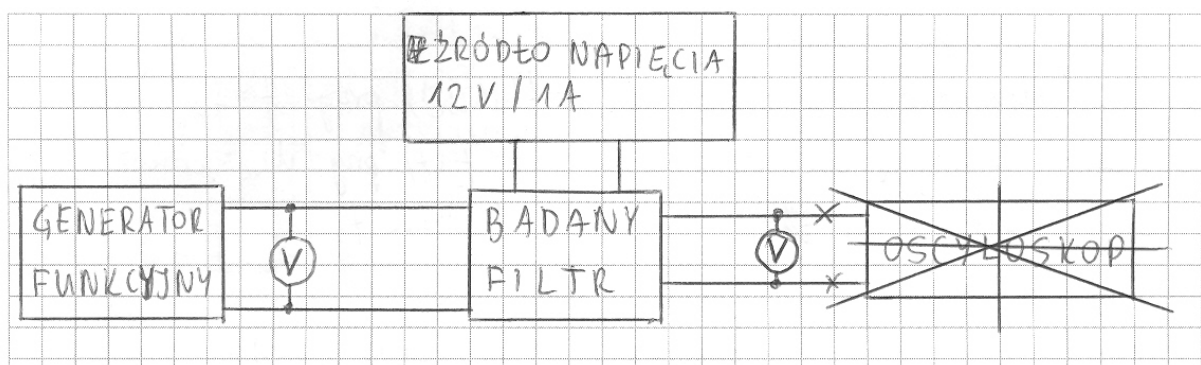
### Przykład 1.



### Przykład 2.



### Przykład 3.



Jak słusznie zauważył zdający (przykład 1), układ można było sprawdzić (z badać) wykorzystując tylko jeden układ pomiarowy. Jako elementy pomiarowe można było wykorzystać zarówno woltomierze (mierzyły sygnał o częstotliwości do

1,5 kHz), jak i oscyloskop. Na schematach najczęściej występującym błędem było rysowanie oscyloskopu w trybie pracy x-y. Oscyloskop był dwukanałowy i prawidłowym oznaczeniem tego przyrządu pomiarowego jest np. symbol z pierwszego przykładu. Bardzo często również zdający na wejściu badanego filtra umieszczali źródło napięcia i konsekwentnie traktowali napięcie stałe na wejściu jako sygnał wejściowy do filtru. Spora część zdających nie zasilala badanego układu. Pojawiały się również na schematach elementy, których nie było w wykazie dostępnej aparatury kontrolno-pomiarowej (rezystor, głośnik, częstotliwościomierz).

Opis sposobu pomiaru winien być stosowny do wcześniej narysowanego schematu.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:

Przykład 1.

IV. Opis sposobu pomiaru mierzonych wielkości.

1. Pomiar napięcia wyjściowego w zależności od napięcia wejściowego.

Skladamy układ pomiarowy wg schematu III.1. Na generatore ustawiamy stałą częstotliwość  $f_0 = 180 \text{ Hz}$ . ~~Zmierzamy napięcie wejściowe~~ Ustawiamy kolejno napięcia wejściowe  $0,25 \text{ V}$ ;  $0,5 \text{ V}$ ;  $1 \text{ V}$ ;  $1,5 \text{ V}$ ;  $2 \text{ V}$ ; odczytujemy napięcia wyjściowe na woltomierzu  $V_2$  i wyniki zapisujemy w tabeli 2.

2. Pomiar napięcia wyjściowego w zależności od częstotliwości.

Skladamy układ pomiarowy wg schematu III.1. Na generatore ustawiamy stałą wartość napięcia wejściowego  $U_{we} = 2 \text{ V}$ . Zmierzamy częstotliwość przy pomocy od  $40 \text{ Hz}$  -  $580 \text{ Hz}$  odczytujemy kolejno napięcia wyjściowe  $V_2$  sprawdzając czy i korygując napięcia wejściowe, na  $U_{we}$  aby wynosiło  $2 \text{ V}$ . Pomiar przeprowadzamy dla nast. częstotliwości:  $40 \text{ Hz}$ ,  $60 \text{ Hz}$ ,  $80 \text{ Hz}$ ,  $100 \text{ Hz}$ ,  $120 \text{ Hz}$ ,  $140 \text{ Hz}$ ,  $160 \text{ Hz}$ ,  $180 \text{ Hz}$ ,  $200 \text{ Hz}$ .