# Inwentarz:

Generator funkcyjny: DF1641A, I3-011-T6-55  
Multimetr: M-4650, I3-T6-258/3  
Oscyloskop GOS-630, I3-011-T6-58  
Układ pomiarowy F1-01

**Cel ćwiczenia:**

Celem ćwiczenia jest:

1. Wykonanie i analiza charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej i fazowo-częstotliwościowej filtru dolnoprzepustowego RC.

2. Wykonanie i analiza charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej i fazowo-częstotliwościowej filtru Wiena RC.

**Dodatkowa teoria (nie znajdująca się w instrukcji) potrzebna do sporządzenia sprawozdania:**

Dobroć oscylatora – stosunek aktualnej energii oscylatora, do energii traconej w ciągu jednego okresu, w filtrach dobroć służy do ocenienia wydajności urządzenia w stosunku do częstotliwości. W przypadku filtrów pasmowych, nie liczą maksymalnej częstotliwości można wyróżnić pod dwa punkty, w których tłumienie jest takie samo. Dla takiego filtra mierzymy tzw. częstotliwość centralną dla spadku o 3 dB.

Częstotliwość graniczna – występująca w filtrach górno i dolnoprzepustowych wartość częstotliwości, dla której stosunek napięć wyjściowego do wejściowego wynosi a przesunięcie fazowe między tymi napięciami wynosi . Częstotliwość ta określa tzw. pasmo przenoszenia obwodu.

# I.a Charakterystyka filtra dolnoprzepustowego RC Schemat badango układu

– kanał oscyloskopu mierzący napięcie wyjściowe po przejściu przez układ filtrujący  
 – kanał oscyloskopu mierzący napięcie wejściowe z generatora

f – częstotliwość na generatorze, *Uwe* – amplituda na wejściu CH1, *Uwy* – amplituda na wyjściu CH2, k – współczynnik tłumienia filtru

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| lp | *Uwe* [V] | *Uwy* [V] | *Uwy/Uwe* | f [Hz] | *k* [dB] |
| 1 | (0,400 ± 0,005) | (0,400 ± 0,005) | 1,000 | (10,0 ± 0,1) | 0,00 |
| 2 | (0,400 ± 0,005) | (0,380 ± 0,005) | 0,950 | (232,6 ± 0,1) | 0,45 |
| 3 | (0,400 ± 0,005) | (0,360 ± 0,005) | 0,900 | (329,6 ± 0,1) | 0,92 |
| 4 | (0,400 ± 0,005) | (0,340 ± 0,005) | 0,850 | (407,9 ± 0,1) | 1,41 |
| 5 | (0,400 ± 0,005) | (0,320 ± 0,005) | 0,800 | (483,2 ± 0,1) | 1,94 |
| 6 | (0,390 ± 0,005) | (0,300 ± 0,005) | 0,769 | (574,4 ± 0,1) | 2,28 |
| 7 | (0,390 ± 0,005) | (0,280 ± 0,005) | 0,718 | (640,4 ± 0,1) | 2,88 |
| 8 | (0,390 ± 0,005) | (0,260 ± 0,005) | 0,667 | (720,2 ± 0,1) | 3,52 |
| 9 | (0,390 ± 0,005) | (0,240 ± 0,005) | 0,615 | (829,6 ± 0,1) | 4,22 |
| 10 | (0,380 ± 0,005) | (0,220 ± 0,005) | 0,579 | (930,0 ± 0,1) | 4,75 |
| 11 | (0,380 ± 0,001) | (0,200 ± 0,001) | 0,526 | (1031 ± 1) | 5,58 |
| 12 | (0,380 ± 0,001) | (0,180 ± 0,001) | 0,474 | (1199 ± 1) | 6,49 |
| 13 | (0,380 ± 0,001) | (0,160 ± 0,001) | 0,421 | (1417 ± 1) | 7,51 |
| 14 | (0,380 ± 0,001) | (0,140 ± 0,001) | 0,368 | (1648 ± 1) | 8,67 |
| 15 | (0,380 ± 0,001) | (0,120 ± 0,001) | 0,316 | (1938 ± 1) | 10,01 |
| 16 | (0,380 ± 0,001) | (0,100 ± 0,001) | 0,263 | (2315 ± 1) | 11,60 |
| 17 | (0,380 ± 0,001) | (0,080 ± 0,001) | 0,211 | (2986 ± 1) | 13,53 |
| 18 | (0,380 ± 0,001) | (0,060 ± 0,001) | 0,158 | (4050 ± 1) | 16,03 |
| 19 | (0,380 ± 0,001) | (0,050 ± 0,001) | 0,132 | (5005 ± 1) | 17,62 |
| 20 | (0,370 ± 0,001) | (0,040 ± 0,001) | 0,108 | (6190 ± 1) | 19,32 |
| 21 | (0,370 ± 0,001) | (0,038 ± 0,001) | 0,101 | (6659 ± 1) | 19,88 |
| 22 | (0,370 ± 0,001) | (0,035 ± 0,001) | 0,095 | (7837 ± 1) | 20,48 |
| 23 | (0,370 ± 0,001) | (0,033 ± 0,001) | 0,088 | (8991 ± 1) | 21,13 |
| 24 | (0,370 ± 0,001) | (0,030 ± 0,001) | 0,081 | (11270 ± 1) | 21,82 |
| 25 | (0,370 ± 0,001) | (0,028 ± 0,001) | 0,074 | (13760 ± 1) | 22,58 |
| 26 | (0,370 ± 0,001) | (0,025 ± 0,001) | 0,068 | (19710 ± 1) | 23,41 |
| 27 | (0,370 ± 0,001) | (0,023 ± 0,001) | 0,061 | (23750 ± 1) | 24,32 |
| 28 | (0,370 ± 0,001) | (0,020 ± 0,001) | 0,054 | (31890 ± 1) | 25,34 |
| 29 | (0,370 ± 0,001) | (0,018 ± 0,001) | 0,047 | (107200 ± 1) | 26,50 |

Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa filtru dolnoprzepustowego RC dla położenia przełącznika w panelu pomiarowym w pozycji 2

Na wykresie widać, że dla małych częstotliwości stosunek napięcia wyjścia do wejścia jest duży, co oznacza, że przepuszczany jest tylko sygnał o małej częstotliwości. Odpowiada to teoretycznym przewidywaniom na temat filtrów dolnoprzepustowych.

Wykres zależności współczynnika tłumienia od częstotliwości dla filtra dolnoprzepustowego RC dla położenia przełącznika w panelu pomiarowym w pozycji 2

**II Częstotliwość graniczna**

Odczytana z wykresu częstotliwość graniczna:

()

**III Teoretyczna częstotliwość graniczna**

Wykorzystano zmierzony wcześniej omomierzem opór oraz podane pojemności kondensatora – wartość średnią :

**IV Porównanie wartości częstotliwości teoretycznej i odczytanej z wykresu**

Wartość graniczna odczytana z wykresu niewiele różni się od wartości teoretycznej (bez uwzględniania błędu o 39.94 Hz co stanowi zaledwie około 6% wartości teoretycznej) od odczytanej z wykresu, potwierdza to poprawność wykonanych pomiarów.

# I.b Charakterystyka filtru Wiena RC

Schemat badanego układu

– kanał oscyloskopu mierzący napięcie wyjściowe po przejściu przez układ filtrujący  
 – kanał oscyloskopu mierzący napięcie wejściowe z generatora

f – częstotliwość na generatorze, *Uwe* – amplituda na wejściu CH1, *Uwy* – amplituda na wyjściu CH2, k – współczynnik tłumienia filtru

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| lp | *Uwe* [V] | *Uwy* [V] | *Uwy/Uwe* | *f* [Hz] | *k* [dB] |
| 1 | (0,400 ± 0,005) | (0,400 ± 0,005) | 1,000 | (10,0 ± 0,1) | 0,00 |
| 2 | (0,400 ± 0,005) | (0,380 ± 0,005) | 0,950 | (232,6 ± 0,1) | 0,45 |
| 3 | (0,400 ± 0,005) | (0,360 ± 0,005) | 0,900 | (329,6 ± 0,1) | 0,92 |
| 4 | (0,400 ± 0,005) | (0,340 ± 0,005) | 0,850 | (407,9 ± 0,1) | 1,41 |
| 5 | (0,400 ± 0,005) | (0,320 ± 0,005) | 0,800 | (483,2 ± 0,1) | 1,94 |
| 6 | (0,390 ± 0,005) | (0,300 ± 0,005) | 0,769 | (574,4 ± 0,1) | 2,28 |
| 7 | (0,390 ± 0,005) | (0,280 ± 0,005) | 0,718 | (640,4 ± 0,1) | 2,88 |
| 8 | (0,390 ± 0,005) | (0,260 ± 0,005) | 0,667 | (720,2 ± 0,1) | 3,52 |
| 9 | (0,390 ± 0,005) | (0,240 ± 0,005) | 0,615 | (829,6 ± 0,1) | 4,22 |
| 10 | (0,380 ± 0,005) | (0,220 ± 0,005) | 0,579 | (930,0 ± 0,1) | 4,75 |
| 11 | (0,380 ± 0,001) | (0,200 ± 0,001) | 0,526 | (1031 ± 1) | 5,58 |
| 12 | (0,380 ± 0,001) | (0,180 ± 0,001) | 0,474 | (1199 ± 1) | 6,49 |
| 13 | (0,380 ± 0,001) | (0,160 ± 0,001) | 0,421 | (1417 ± 1) | 7,51 |
| 14 | (0,380 ± 0,001) | (0,140 ± 0,001) | 0,368 | (1648 ± 1) | 8,67 |
| 15 | (0,380 ± 0,001) | (0,120 ± 0,001) | 0,316 | (1938 ± 1) | 10,01 |
| 16 | (0,380 ± 0,001) | (0,100 ± 0,001) | 0,263 | (2315 ± 1) | 11,60 |
| 17 | (0,380 ± 0,001) | (0,080 ± 0,001) | 0,211 | (2986 ± 1) | 13,53 |
| 18 | (0,380 ± 0,001) | (0,060 ± 0,001) | 0,158 | (4050 ± 1) | 16,03 |
| 19 | (0,380 ± 0,001) | (0,050 ± 0,001) | 0,132 | (5005 ± 1) | 17,62 |
| 20 | (0,370 ± 0,001) | (0,040 ± 0,001) | 0,108 | (6190 ± 1) | 19,32 |
| 21 | (0,370 ± 0,001) | (0,038 ± 0,001) | 0,101 | (6659 ± 1) | 19,88 |
| 22 | (0,370 ± 0,001) | (0,035 ± 0,001) | 0,095 | (7837 ± 1) | 20,48 |
| 23 | (0,370 ± 0,001) | (0,033 ± 0,001) | 0,088 | (8991 ± 1) | 21,13 |
| 24 | (0,370 ± 0,001) | (0,030 ± 0,001) | 0,081 | (11270 ± 1) | 21,82 |
| 25 | (0,370 ± 0,001) | (0,028 ± 0,001) | 0,074 | (13760 ± 1) | 22,58 |
| 26 | (0,370 ± 0,001) | (0,025 ± 0,001) | 0,068 | (19710 ± 1) | 23,41 |
| 27 | (0,370 ± 0,001) | (0,023 ± 0,001) | 0,061 | (23750 ± 1) | 24,32 |
| 28 | (0,370 ± 0,001) | (0,020 ± 0,001) | 0,054 | (31890 ± 1) | 25,34 |
| 29 | (0,370 ± 0,001) | (0,018 ± 0,001) | 0,047 | (107200 ± 1) | 26,50 |

Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa filtru Wiena RC dla położenia przełącznika w panelu pomiarowym w pozycji 2

Na wykresie można zauważyć, że pasma zaporowe zą dla małych i dużych częśtotliwości, w środku znajduje się pasmo przepustowe, co odpowiada teorii filtrów pasmowych (śródprzepustowych).

Wykres zależności współczynnika tłumienia od częstotliwości dla filtra Wiena RC dla położenia przełącznika w panelu pomiarowym w pozycji 2

Wykres ten dodatkowo potwierdza wcześniejsze przypuszczenia, dla pasma przepustowego tłumienie jest niewielkie, co oznacza, że sygnał w tym przedziale częstotliwości jest najswobodniej przepuszczany.

Filtr pasmowoprzepustowy nie posiada 3 decybelowej częstotliwości granicznej.

# V. Dobroć układu

Odczytano z wykresu przybliżone wartości graniczne przedziału, dla którego tłumienie jest mniejsze od 3 dB, oraz wartość maksymalna (dla której tłumienie jest najmniejsze):

Na podstawie tych wartości obliczymy dobroć układu:

Wartość ta jest bezwymiarowa.

**Wnioski końcowe**

Przeprowadzone ćwiczenie dało resultaty zgodne z teoretycznymi przewidywaniami. Kształt nakreślonych charakterystyk zgadza się z kształtem przykładowych charakterystyk. Powtórzenie pomiarów dla niektórych przedziałów częstotliwości poprawiłoby dokładność wykresów.

Zastosowanie filtrów:

* filtry dolnoprzepustowe przy potrzebie wycięcia składowej o wysokiej częstotliwości np. w czujnikach światła korzystających z fotodiody. Jeśli poziom światła jest niski, napięcie wyjściowe fotodiody będzie bardzo niskie, a zatem bardzo podatne na zakłucenia sensora i wzmacniacza, których spektrum jest w paśmie wysokich częstotliwości. Filtr dolnoprzepustowy wytnie to pasmo, „czyszcząc” sygnał wyjściowy fotodiody.
* filtry górnoprzepustowe wycinają składową o niskiej częstotliwości np. w głośnikach wysokotonowych, które mogą być zniszczone gdy dotrze do nich sygnał audio o niskiej częstotliwości i wystarczającej energii, mogą one zostać zniszczone
* filtry pasmowe w układach strojenia
* filtry śródkowozaporowe w układach wycinających niechciane pasmo częstotliwości, z minimalnymi zmniekształceniami na pasmie przpustowym (np. wycięcie buczenia o częstotliwości 55 Hz z linii zasilającej w układzie audio)
* Układy te nie posiadają wzmocnienia (w przeciwieństwie do filtrów aktywnych)i składają się z połączenia elementów RLC, są zatem bardzo proste w użyciu, tanie w
* produkcji i bardzo prymitywne technologicznie. Dzięki nim można łatwo dopasować układy prądu zmiennego do zadanej specyfikacji.

-

**Bibliografia**

[1] Notatki z wykładu  
[2] Instrukcja do zadania F1  
[3] *A Basic Introduction to Filters - Active, Passive and Switched-Capacitor*, Kerry Lacanette, Swarthmore 1991  
[4] *Elementy I układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach*, M. Rusek, J. Pasierbiński, Warszawa 2006