

Układy Elektroniczne - Sprawozdanie 2

Hubert Mazur
Piotr Moszkowicz

8 kwietnia 2019

Spis treści

1	Wstęp teoretyczny	1
1.1	Slew rate	1
2	Pomiary i wyniki	2
2.1	Wtórnik napięciowy	2
2.1.1	Schemat wtórnika napięciowego	2
2.1.2	Zależność U_{out} od U_{in} , wzmacnienie i napięcie zrównoważenia dla zerowej częstotliwości	2
2.1.3	Odpowiedź na skok napięcia dla sygnału małego o wartości 100mV	3
2.1.4	Czas narastania odpowiedzi na skok napięcia dla sygnału małego o wartości 100mV	3
2.1.5	Odpowiedź na skok napięcia dla sygnału dużego o wartości 5V oraz czas jej narastania	4
2.1.6	Amplitudowa charakterystyka częstotliwościowa	5
2.1.7	Porównanie wzmacnień dla sygnału prostokątnego i sinusoidalnego	6
2.2	Wzmacniacz nieodwracający	7
2.2.1	Schemat wzmacniacza nieodwracającego	7
2.2.2	Zależność U_{out} od U_{in} oraz wzmacnienie	7
2.2.3	Zależność U_{out} od U_{in} oraz wzmacnienie	8
2.3	Wzmacniacz logarytmiczny	10
2.3.1	Schemat wzmacniacza logarytmicznego	10
2.3.2	Zależność napięcia V_{out} od napięcia V_{in}	10

1 Wstęp teoretyczny

Wzmacniacz operacyjny jest aktywnym elementem elektronicznym o symetrycznym wyjściu i asymetrycznym wejściu różnicowym. W zależności, na które wejście zostanie podane napięcie wzmacniacz może odwracać fazę napięcia wejściowego względem napięcia wejściowego, lub na wyjście przekazać napięcie o nieodwróconej fazie. Cechą charakterystyczną wzmacniaczy jest praca w pętli sprzężenia zwrotnego, która stabilizuje ich pracę, zwiększa zakres dynamiczny pracy wzmacniacza, poprawia liniowość i poszerza pasmo przenoszenia. Do celów porównawczych wzmacniaczy stosuje się kilka parametrów:

- Wzmocnienie różnicowe: $k_{UR} = \frac{\partial U_{wy}}{\partial U_R}$
- Wejściowe napięcie niezrównoważenia V_{OS} , jest to napięcie przyłożone na wejściu, dla którego napięcie wyjściowe jest zerowe, dla rzeczywistych wzmacniaczy równe $\mu V - mV$
- Temperaturowy dryf wejściowego napięcia niezrównoważenia: zmiana temperatury powoduje zmianę wejściowego napięcia niezrównoważenia, zwykle rzędu $\frac{\mu V}{C}$
- Wzmocnienie sygnału wspólnego: niezerowa wartość napięcia na wyjściu, mimo identycznego sygnału na obu wejściach, $k_{US} = \frac{\partial U_{wy}}{\partial U_S}$. Właściwość opisana jest przez współczynnik tłumienia sygnału wspólnego: $CMRR = \frac{k_{UR}}{k_{US}}$. Dla rzeczywistych wzmacniaczy równe 80 - 120 dB.
- $PSRR$ - odporność wzmacniacza na zmiany napięć zasilających, dla rzeczywistych wzmacniaczy.
- Rezystancja wejściowa: r_R - rezystancja różnicowa: mierzona między wejściami wzmacniacza operacyjnego, r_S - rezystancja wspólna mierzona między masą a jednym z wejść.
- Wejściowy prąd niezrównoważenia: $I_{OS} \in < fA, nA >$ - napięcie wyjściowe zmienia się mimo braku napięcia wejściowego.

Porównanie wzmacniaczy operacyjnych: rzeczywistego i idealnego:

Parametry	Idealny WO	Rzeczywisty WO
wzmocnienie różnicowe:	∞	$10^5 - 10^7$
pasmo przenoszenia:	$0 - \infty$	MHz
napięcie niezrównoważenia:	0	$\mu V - mV$
CMRR:	∞	80 - 120 dB
PSRR:	∞	50 - 120 dB
rezystancja wejściowa:	∞	M Ω
rezystancja wyjściowa:	0	10 - 1000 Ω
I_{OS}	0	fA - nA

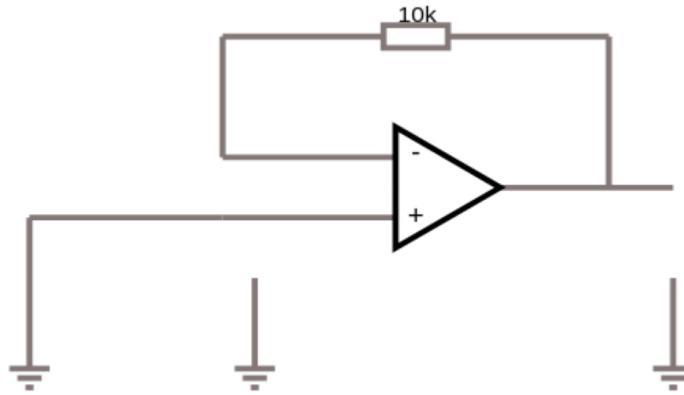
1.1 Slew rate

Slew rate (szybkość narastania) - jest to szybkość zmiany napięcia na jednostkę czasu. Zwykle podawana w $\frac{V}{\mu s}$.

2 Pomiary i wyniki

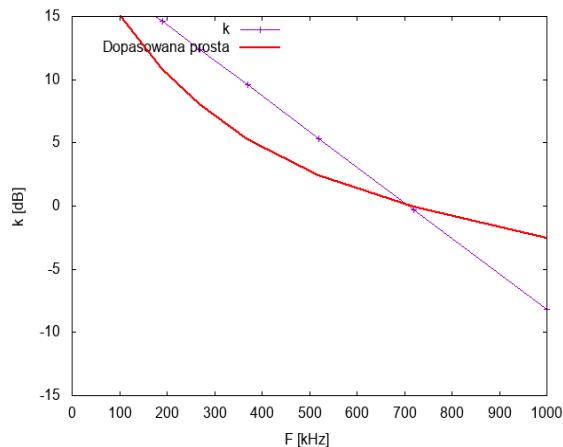
2.1 Wtórnik napięciowy

2.1.1 Schemat wtórnika napięciowego



Rysunek 1: Schemat wtórnika napięciowego

2.1.2 Zależność U_{out} od U_{in} , wzmacnienie i napięcie zrównoważenia dla zerowej częstotliwości



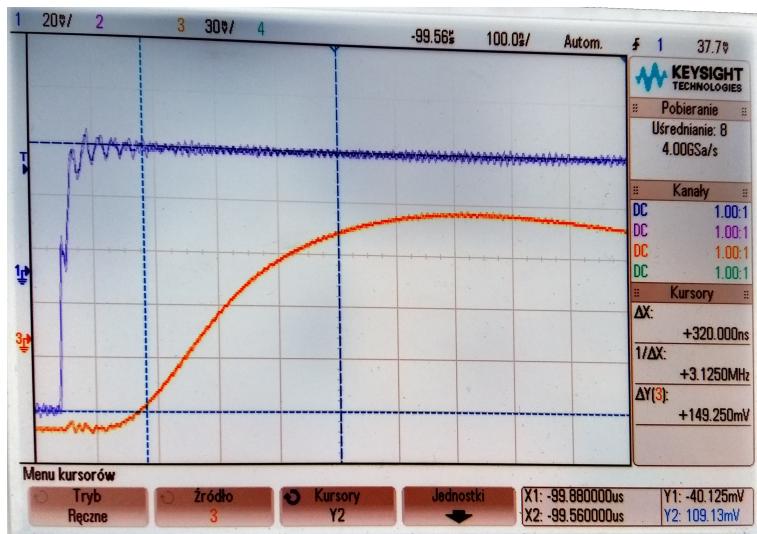
Rysunek 2: Zależność U_{out} od U_{in}

Wzmacnienie = 0.98123171

Napięcie niezrównoważenia = 0V

Zgodnie z teorią współczynnik wzmacnienia jest w okolicy jedynki, co również ukazuje wykres w postaci funkcji liniowej.

2.1.3 Odpowiedź na skok napięcia dla sygnału małego o wartości 100mV

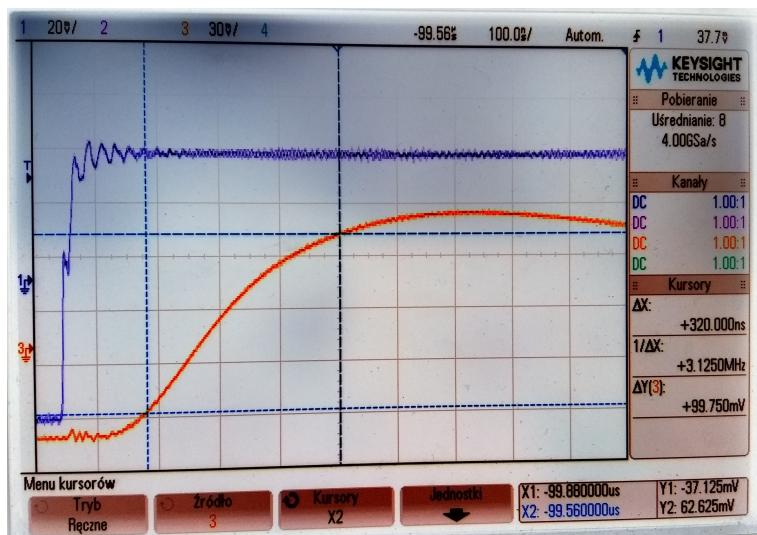


Rysunek 3: Amplituda odpowiedzi na sygnał mały o wartości 100mV

Sygnał wejścia
 Sygnał wyjścia

Amplituda odpowiedzi na sygnał mały o wartości 100mV wynosi: 125.25mV

2.1.4 Czas narastania odpowiedzi na skok napięcia dla sygnału małego o wartości 100mV

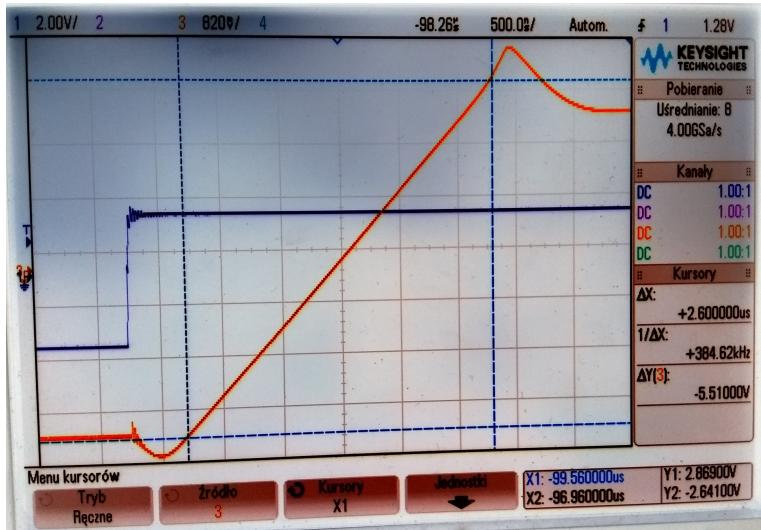


Rysunek 4: Czas narastania odpowiedzi na sygnał mały o wartości 100mV

Sygnał wejścia
 Sygnał wyjścia

Czas narastania odpowiedzi na sygnały małe o wartości 100mV wynosi: 320ns

2.1.5 Odpowiedź na skok napięcia dla sygnału dużego o wartości 5V oraz czas jej narastania



Rysunek 5: Amplituda oraz czas narastania odpowiedzi na sygnał duży o wartości 5V

Sygnał wejścia
 Sygnał wyjścia

Amplituda wyjścia: 5.51V

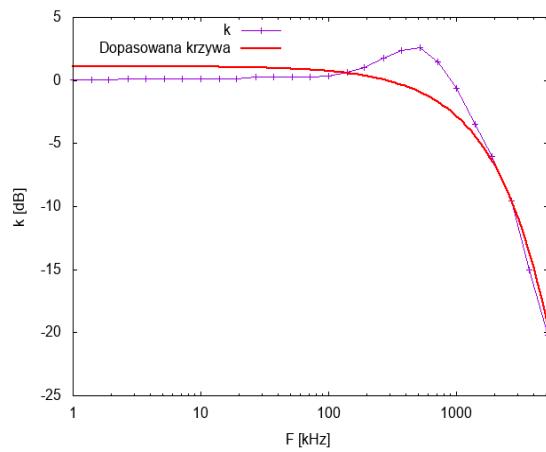
Slew rate (pkt. 1.1): $2.135658915 \frac{V}{\mu s}$

Czas narastania: 2.58 μ s

2.1.6 Amplitudowa charakterystyka częstotliwościowa

Częstotliwość f [kHZ]	Wzmocnienie k [-]	Wzmocnienie k [dB]	Amplituda wejścia [mV]	Amplituda wyjścia [mV]
1	1.003781195	0.032781104	99.175	99.55
1.4	1.003781195	0.032781104	99.175	99.55
1.9	1.003781195	0.032781104	99.175	99.55
2.70	1.015376859	0.132545228	99.175	100.7
3.7	1.015376859	0.132545228	99.175	100.7
5.2	1.015376859	0.132545228	99.175	100.7
7.2	1.015376859	0.132545228	99.175	100.7
10	1.015376859	0.132545228	99.175	100.7
14	1.015376859	0.132545228	99.175	100.7
19	1.015376859	0.132545228	99.175	100.7
27	1.028485001	0.243959252	99.175	102
37	1.028485001	0.243959252	99.175	102
52	1.028485001	0.243959252	99.175	102
72	1.028485001	0.243959252	99.175	102
100	1.043282462	0.368038134	99.925	104.25
140	1.074626866	0.625153875	100.5	108
190	1.121144279	0.9932301	100.5	112.675
270	1.223476298	1.751911206	99.675	121.95
370	1.313769752	2.370385169	99.675	130.95
520	1.346315011	2.582933762	101.425	136.55
720	1.186046512	1.48203441	102.125	121.125
1000	0.928819444	-0.641374028	100.8	93.625
1400	0.672504378	-3.446097678	99.925	67.2
1900	0.501760563	-5.990069514	99.4	49.875
2700	0.33273703	-9.557977273	97.825	32.55
3700	0.177330896	-15.02431184	95.725	16.975
5200	0.098113208	-20.16545052	92.75	9.1
7200	0.060240964	-24.40216176	87.15	5.25
10000	0.063636364	-23.9258929	77	4.9
14000	0.058333333	-24.68166412	63	3.675
19000	0.075812274	-22.40520949	48.475	3.675

Częstotliwość graniczna (tzw. "częstotliwość trzy-decybelowa") w naszym przypadku wyniosła: 1257kHz



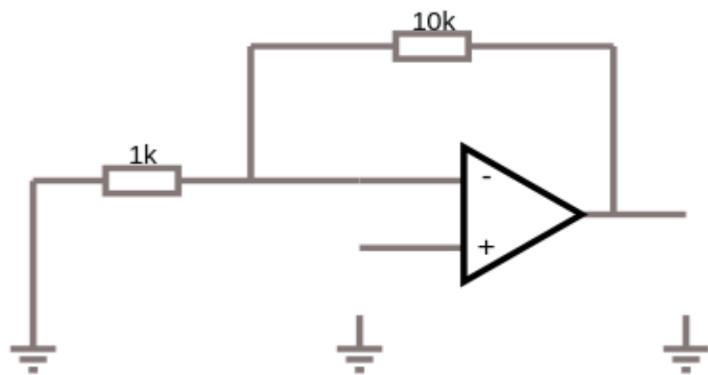
Rysunek 6: Wykres zależności wzmocnienia od częstotliwości w skali logarytmicznej.

2.1.7 Porównanie wzmocnień dla sygnału prostokątnego i sinusoidalnego

Wzmocnienie dla sygnału prostokątnego wynosiło 0.98123171, w przypadku sygnału sinusoidalnego po dokonaniu regresji liniowej otrzymaliśmy wartość równą 0.82293133.

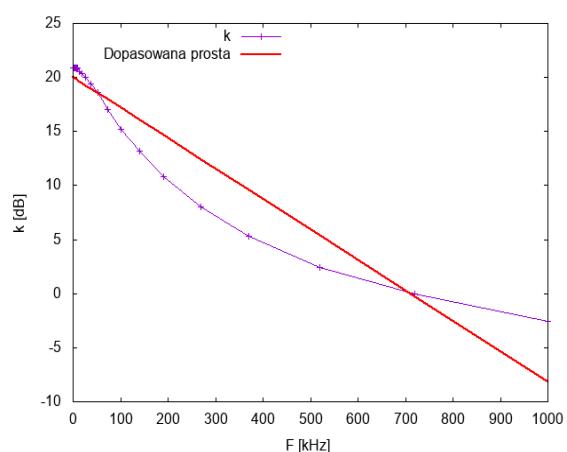
2.2 Wzmacniacz nieodwracający

2.2.1 Schemat wzmacniacza nieodwracającego



Rysunek 7: Schemat wzmacniacza nieodwracającego

2.2.2 Zależność U_{out} od U_{in} oraz wzmacnienie



Rysunek 8: Wykres zależności wzmacnienia od częstotliwości w skali logarytmicznej.

Opór rezistora wynosi: $10\text{k}\Omega$

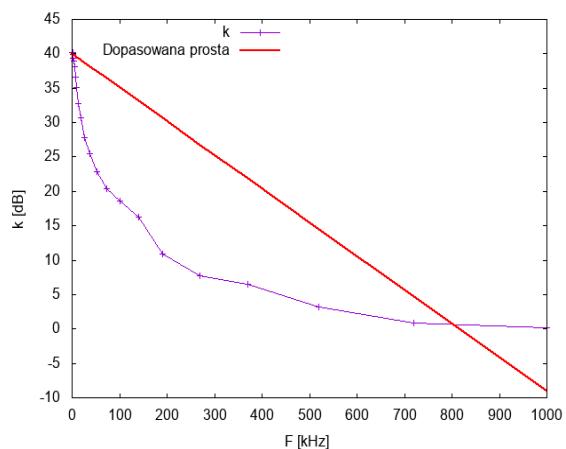
Częstotliwość f [kHZ]	Wzmocnienie k [-]	Wzmocnienie k [dB]	Amplituda wejścia [mV]	Amplituda wyjścia [mV]
0.1	11.05367302	20.87013227	101.075	1.11725
0.14	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
0.19	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
0.27	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
0.37	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
0.52	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
0.72	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
1	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
1.4	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
1.9	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
2.7	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
3.7	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
5.2	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
7.2	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
10	11.02315161	20.84611561	100.425	1.107
14	10.65088757	20.54771601	101.4	1.08
19	10.47199403	20.40058772	100.425	1.05165
27	9.966962525	19.97125651	101.4	1.01065
37	9.360453649	19.42593794	101.4	0.94915
52	8.484148439	18.57216517	101.725	0.86305
72	7.134922585	17.06778531	101.725	0.7258
100	5.74522293	15.1861377	102.05	0.5863
140	4.58010779	13.21751398	102.05	0.4674
190	3.47121432	10.80962858	103.35	0.35875
270	2.508684864	7.988922189	100.75	0.25275
370	1.8358319	5.276658239	101.725	0.18675
520	1.319734579	2.409731917	101.725	0.13425
720	0.994311155	-0.049553765	101.075	0.1005
1000	0.74704142	-2.533106356	101.4	0.07575

Współczynnik wzmocnienia wynosi: **-0.028153233**

Częstotliwość graniczna wynosi: **72kHz**

2.2.3 Zależność U_{out} od U_{in} oraz wzmocnienie

Opór rezistora wynosi: **100kΩ**



Rysunek 9: Wykres zależności wzmacnienia od częstotliwości w skali logarytmicznej.

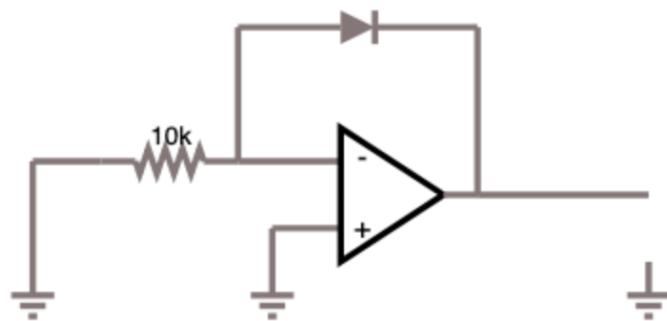
Częstotliwość f [kHz]	Wzmocnienie k [-]	Wzmocnienie k [dB]	Amplituda wejścia [mV]	Amplituda wyjścia [mV]
0.1	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
0.14	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
0.19	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
0.27	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
0.37	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
0.52	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
0.72	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
1	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
1.4	101.4925373	40.1286822	20.1	2.04
1.9	99.25373134	39.93493685	20.1	1.995
2.7	93.03482587	39.37291098	20.1	1.87
3.7	88.55721393	38.9444789	20.1	1.78
5.2	80.59701493	38.12637914	20.1	1.62
7.2	68.15920398	36.67049019	20.1	1.37
10	56.55472637	35.04937811	20.1	1.13675
14	43.28358209	32.7264639	20.1	0.87
19	34.32835821	30.71306067	20.1	0.69
27	24.62686567	27.82818283	20.1	0.495
37	18.65671642	25.41670421	20.1	0.375
52	13.93034826	22.87923948	20.1	0.28
72	10.44776119	20.38046475	20.1	0.21
100	8.457711443	18.54505728	20.1	0.17
140	6.467661692	16.2149459	20.1	0.13
190	3.529850746	10.95512685	20.1	0.07095
270	2.43159204	7.71781426	20.1	0.048875
370	2.114427861	6.503857453	20.1	0.0425
520	1.437810945	3.154035707	20.1	0.0289
720	1.099502488	0.823924325	20.1	0.0221
1000	1.014925373	0.1286822	20.1	0.0204

Współczynnik wzmacnienia wynosi: **-0,049030086**

Częstotliwość graniczna wynosi: **85kHz**

2.3 Wzmacniacz logarytmiczny

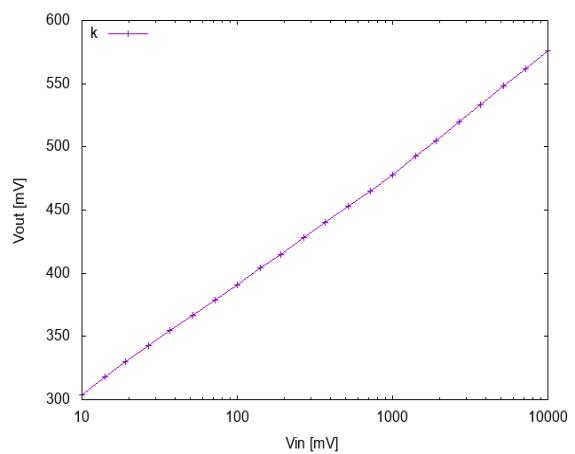
2.3.1 Schemat wzmacniacza logarytmicznego



Rysunek 10: Schemat wzmacniacza logarytmicznego

2.3.2 Zależność napięcia V_{out} od napięcia V_{in}

Napięcie wejścia V_{in} [mV]	Napięcie wyjścia V_{out} [mV]
10	304
14	318
19	330
27	343
37	355
52	367
72	379
100	391
140	404
190	415.1
270	428.2
370	440
520	453
720	465
1000	478
1400	492.5
1900	505
2700	520
3700	533
5200	548
7200	562
10000	576



Rysunek 11: Wykres zależności napięcia V_{out} od napięcia V_{in} (V_{in} w skali logarytmicznej).