

Politechnika Wrocławska

Katedra Teorii Pola, Układów Elektronicznych i Optoelektroniki

Zespół Układów Elektronicznych

LABORATORIUM UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH

Data: 05.06.2020	Dzień: Piątek		
Grupa: -	Godzina: 8-12		
TEMAT ĆWICZENIA:			
STABILIZATOR NAPIĘCIA			
DANE PROJEKTOWE:			
$U_0 = 8V, I_{0max} = 0.5A, U_{REF} = 2.75V$			
Lp.	Nazwisko i Imię		Oceny
1.	Grajoszek Dawid, 249021		

1. Cel ćwiczenia

Celem tego ćwiczenia laboratoryjnego jest zapoznanie się z budową, działaniem oraz właściwościami stabilizatora napięcia na przykładzie układu scalonego L200. Ponadto pozwala ono na zaprojektowanie własnego stabilizatora oraz pomiar jego parametrów i wykreślenie odpowiednich charakterystyk.

2. Założenia dla zadania:

Zaprojektowanie stabilizatora napięciowego sprowadza się do wyliczenia takich wartości rezystancji R_5 i R_6 , aby spełnione były poniższe równania.

$$U_0 = \left(1 + \frac{R_5}{R_6}\right) U_{REF}$$
$$R_5 + R_6 \leq \frac{U_0}{1mA}$$

Ponadto wartości tych rezystorów należy dobrać tak, aby przez dzielnik R_5 i R_6 płynął prąd znacznie większy od prądu polaryzacji końcówki 4 układu, który wynosi maksymalnie $10\mu A$, stąd w powyższym równaniu występuje wartość $1mA$.

$$\frac{R_5}{R_6} = \frac{U_0}{U_{REF}} - 1, \text{ stąd } \frac{R_5}{R_6} = \frac{8V}{2.75V} - 1 = 1.91 \rightarrow R_5 = 1.91R_6$$

$$R_5 \text{ i } R_6 \leq \frac{8V}{1mA} = 8k\Omega$$

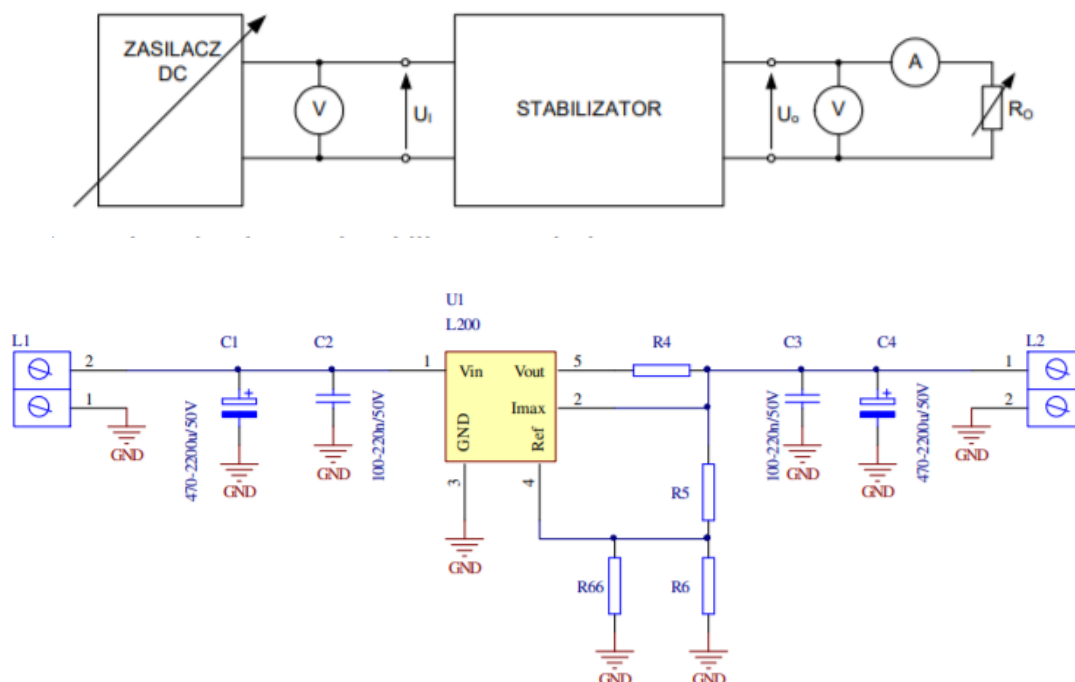
$$2.91R_6 \leq 8k\Omega \rightarrow R_6 \leq 2749.14\Omega, \text{ a } R_5 \leq 5250.86\Omega$$

$$I_{0max} = \frac{0.45V}{R_4}, \text{ stąd } R_4 = \frac{0.45V}{0.5A} = 0.9\Omega, \text{ gdzie } R_4 \text{ to rezystor próbujący}$$

Wartości wszystkich potrzebnych rezystorów należy dobrać z szeregu E12, a więc:

$$R_5 = 4.7k\Omega, R_6 = 2.7k\Omega, R_4 = 1\Omega$$

Schemat wykorzystywanego liniowego stabilizatora napięcia:

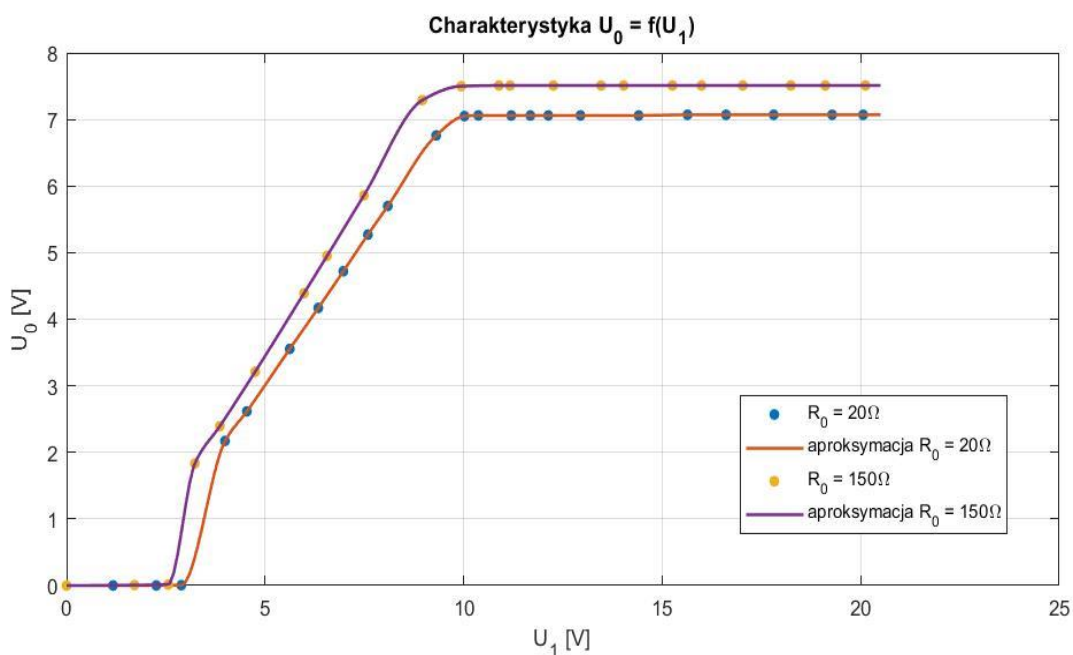


3. Pomiar charakterystyki $U_0 = f(U_1)$, R_0 – parametr

Dla kilku wskazanych wartości rezystancji obciążenia R_0 zmierzono i wykreślono poniższe charakterystyki. Wybrano wartości $R_0 = 20\Omega$ oraz $R_0 = 150\Omega$. Są to charakterystyki przejściowe.

$R_0 = 20\Omega$	
U_0 [V]	U_1 [V]
0	0
0	1.17
0.0016	2.26
0.0056	2.89
2.171	3.99
2.615	4.54
3.553	5.62
4.17	6.34
4.72	6.97
5.27	7.59
5.7	8.09
6.76	9.31
7.05	10.02
7.06	10.37
7.06	11.2
7.06	11.68
7.06	12.13
7.06	12.94
7.06	14.41
7.07	15.64
7.07	16.61
7.07	17.81
7.07	19.28
7.07	20.06

$R_0 = 150\Omega$	
U_0 [V]	U_1 [V]
0	0
0.0068	1.71
0.0148	2.56
1.834	3.23
2.393	3.86
3.212	4.75
4.39	5.98
4.95	6.56
5.86	7.49
7.29	8.96
7.5	9.94
7.51	10.89
7.51	11.17
7.51	12.26
7.51	13.46
7.51	14.03
7.51	15.26
7.51	15.99
7.51	17.03
7.51	18.24
7.51	19.11
7.51	20.12



Kształt powyższych charakterystyk jest zgodny z przewidywaniami teoretycznymi. Jak można zauważyć, dopiero gdy napięcie wejściowe osiągnie pewną wartość, napięcie wyjściowe jest stabilizowane na stałym poziomie: dla $R_0 = 20\Omega$ jest to poziom około 7.07V, a dla $R_0 = 150\Omega$ 7.51V. Dodatkowo dla każdej charakterystyki wykonano interpolację wielomianem 3-go stopnia w celu lepszej wizualizacji wyników.

Dla każdego z tych przypadków można policzyć współczynnik stabilizacji (określa on jak bardzo zmieni się napięcie wyjściowe w stosunku do zmiany napięcia wejściowego, napięcie dropout oraz zakres stabilizacji:

a) $R_0 = 20\Omega$

$$U_D = U_1 - U_0 = 10.02V - 7.05V = 2.97V$$

$$\text{Zakres stabilizacji: } 7.07V - 7.05V = 0.02V$$

$$S_U = \frac{\Delta U_0}{\Delta U_1} = \frac{7.07V - 7.05V}{20.06V - 10.02V} = \frac{0.02V}{10.04V} = 0.001992 = 0.2\%$$

0.2% oznacza, że przy zmianie na wejściu o 1V, napięcie wyjściowe zmieni się maksymalnie o 2 mV.

b) $R_0 = 150\Omega$

$$U_D = U_1 - U_0 = 9.94V - 7.51V = 2.43V$$

$$\text{Zakres stabilizacji: } 7.51V - 7.50V = 0.01V$$

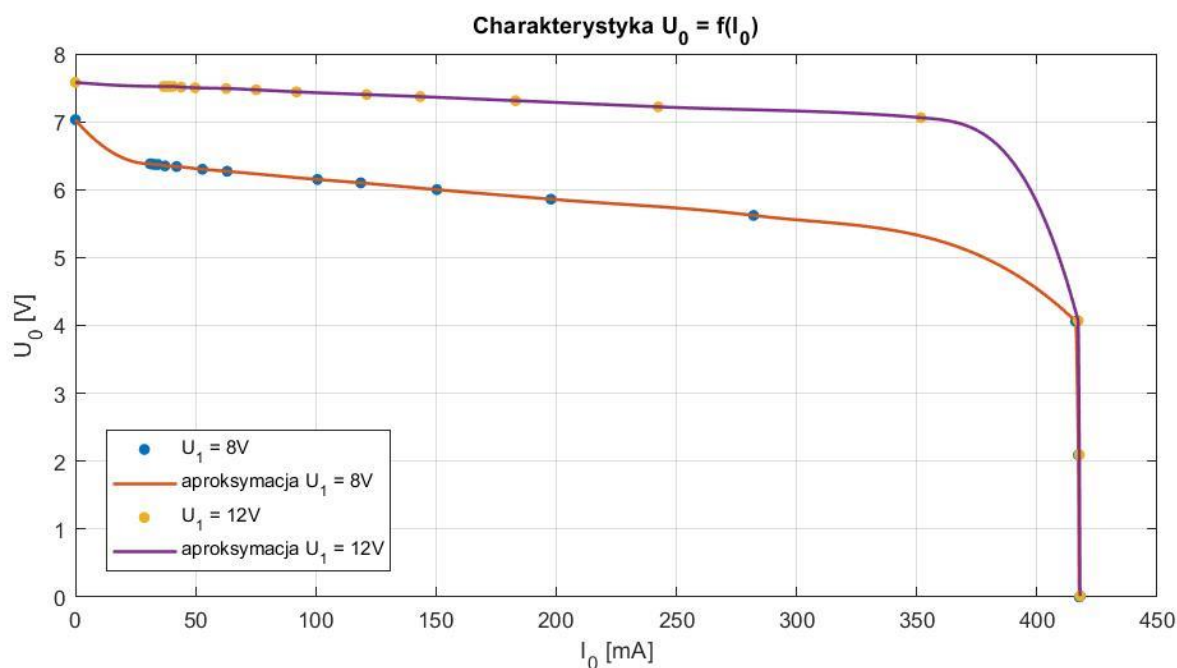
$$S_U = \frac{\Delta U_0}{\Delta U_1} = \frac{7.51V - 7.50V}{20.12V - 9.94V} = \frac{0.01V}{10.18V} = 0.0009823 = 0.1\%$$

0.1% oznacza, że przy zmianie na wejściu o 1V, napięcie wyjściowe zmieni się maksymalnie o 1mV.

4. Pomiar charakterystyki $U_0 = f(I_0)$, U_1 – parametr

Dla kilku wskazanych wartości napięcia wejściowego dokonano pomiarów charakterystyk wyjściowych stabilizatora. Ćwiczenie to wykonywano poprzez zmianę wartości rezystancji obciążenia od stanu braku obciążenia ($R_0 = \infty$) do stanu zwarcia ($R_0 = 0$).

$R_0 [\Omega]$	$U_1 = 8V$		$U_1 = 12V$	
	$U_0 [V]$	$I_0 [mA]$	$U_0 [V]$	$I_0 [mA]$
∞ (rozwarcie)	7.03	0	7.58	0
205	6.38	31.095	7.52	36.663
200	6.38	31.853	7.52	37.571
195	6.37	32.611	7.52	38.477
190	6.37	33.447	7.52	39.472
185	6.37	34.38	7.52	40.589
170	6.35	37.284	7.51	44.065
150	6.34	42.086	7.5	49.821
120	6.3	52.88	7.49	62.81
100	6.27	63.14	7.47	75.21
80	6.27	68.55	7.44	91.98
60	6.15	100.73	7.4	121.17
50	6.1	118.75	7.37	143.47
40	6	150.37	7.31	183.16
30	5.86	197.81	7.22	242.48
20	5.62	282.11	7.06	351.75
10	4.06	416.07	4.07	417.12
5	2.094	417.23	2.095	417.62
0	0.0155	418.05	0.0148	417.94
zwarcie	0.0003	417.62	0.0017	417.54



Kształt powyższych charakterystyk wyjściowych jest bardzo podobny do przewidywań teoretycznych. W miarę zmniejszania się wartości rezystancji obciążenia, a zwiększania się prądu wyjściowego napięcie stabilizowane jest na podobnym poziomie. Dopiero wówczas, gdy wartość rezystancji jest bliska zeru, a prąd wyjściowy zbliża się do założonego prądu maksymalnego, napięcie przestaje być stabilizowane i następuje gwałtowny jego spadek do wartości 0V. Dla każdego przypadku należało wyznaczyć zakres stabilizacji napięcia wyjściowego oraz określić wartość rezystancji wyjściowej stabilizatora:

a) $U_1 = 8V$

$$R_{WY} = \left| \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0} \right| = \left| \frac{5.62V - 6.38V}{282.11mA - 31.095mA} \right| = 0.0030277\Omega = 3.03m\Omega$$

Wartość ta mieści się w zakresie znajdującym się w nocie katalogowej, zatem można stwierdzić, iż została ona obliczona prawidłowo i jest możliwa do osiągnięcia.

b) $U_1 = 12V$

$$R_{WY} = \left| \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0} \right| = \left| \frac{7.06V - 7.52V}{351.75mA - 36.663mA} \right| = 0.0014599\Omega = 1.46m\Omega$$

Wartość ta mieści się w zakresie znajdującym się w nocie katalogowej, a nawet jest bardzo bliska wartości typowej dla tego stabilizatora, zatem można stwierdzić, iż została ona obliczona prawidłowo i jest możliwa do osiągnięcia.

5. Pomiar napięć odniesienia

W tej części ćwiczenia dokonano pomiaru napięć odniesienia przy użyciu woltomierza.

Napięcie referencyjne U_{REF} to napięcie na rezystorze R_6 i wynosi ono $U_{REF} = U_6 = 2.755V$. Pomiaru dokonywano przy napięciu wejściowym $U_1 = 19.97V$ oraz przy nieobciążonym stabilizatorze ($R_0 = \infty$).

Napięcie odniesienia komparatora – ogranicznika prądu U_{SC} to napięcie na rezystorze R_4 i wynosi ono $U_{SC} = U_4 = 0.45V$. Pomiaru dokonywano przy napięciu wejściowym $U_1 = 9.98V$ oraz wyjściu w stanie zwarcia ($R_0 = 0$).

Dla wykorzystywanego na zajęciach laboratoryjnych stabilizatora scalonego L200 wartości powyższych napięć są zgodne z wartościami przedstawionymi w dokumentacji technicznej.

6. Wnioski

Celem tego ćwiczenia było zapoznanie się z działaniem i budową stabilizatorów liniowych na przykładzie układu scalonego L200.

Układ po zlutowaniu i uruchomieniu działał prawidłowo, bez żadnych zakłóceń, co pozwoliło na dokładny pomiar charakterystyk przejściowych i wyjściowych.

Rezystancja obciążenia R_0 przede wszystkim określa szybkość stabilizacji. Im większa wartość R_0 , tym stabilizacja następuje szybciej, a napięcie wyjściowe jest mniejsze.

Napięcie zasilania wpływa na szybkość spadku napięcia wyjściowego stabilizatora, co można zauważyć na wykresie charakterystyki wyjściowej. Im większa jego wartość, tym U_0 szybciej maleje dla tych samych wartości prądu wyjściowego.

Współczynniki stabilizacji dla dwóch wybranych wartości rezystancji obciążenia wynoszą odpowiednio 0.2% oraz 0.1%. Wartości te mieszczą się w zakresie podanym w dokumentacji technicznej i są bardzo dobrym wynikiem. Im niższy współczynnik stabilizacji, tym stabilizator lepiej stabilizuje napięcie wyjściowe. Taki zapis oznacza, że przy zmianie na wejściu napięcia o 1V, napięcie wyjściowe może się zmienić maksymalnie o 2mV lub 1mV, zależnie od wyboru R_0 .

Wartość rezystancji wyjściowej stabilizatora osiągnięta w tym ćwiczeniu dla zasilania 8V i 12V wynosi odpowiednio 3.03m Ω oraz 1.46m Ω . Obie te wartości mieszczą się w zakresie podanym w nocie katalogowej, a więc zostały poprawnie wyznaczone. Druga wartość jest bardzo zbliżona do górnej granicy zakresu, co mogło być spowodowane błędami przy pomiarze, gdyż rezystancja ta ma bardzo małą wartość, na którą mogła wpłynąć oporność przewodów pomiarowych. Rezystancja wyjściowa informuje, o ile zmieni się napięcie na wyjściu stabilizatora, kiedy prąd obciążenia zmieni się o 1A. Dla powyższych przypadków zmiana napięcia stabilizowanego będzie wynosiła odpowiednio 3.03mV oraz 1.46mV.

Z charakterystyk wyjściowych oraz tabeli pomiarów można odczytać, że stabilizator pracuje jako stabilizator prądu, gdy napięcie wejściowe i rezystancja obciążenia spełniają poniższe warunki (wynikiem są pewne pary tych wartości):

a) $U_1 = 8V$ i $R_0 \in [5,0] \Omega$

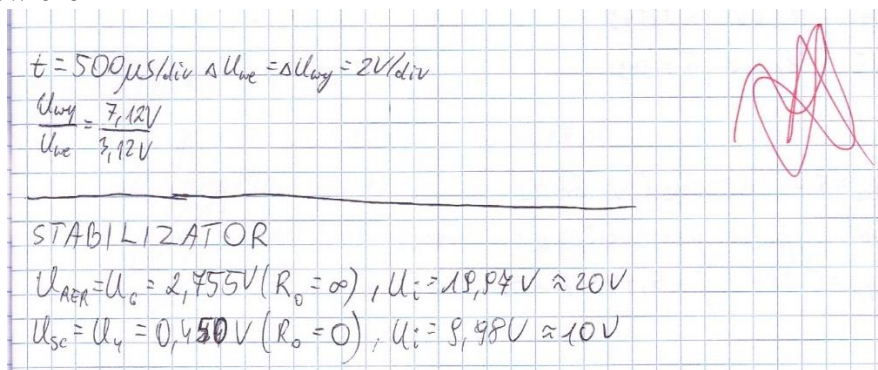
b) $U_1 = 12V$ i $R_0 \in [10,0] \Omega$

Z powyższych warunków wynika, że regulator pracuje jako stabilizator napięcia, gdy rezystancja obciążenia jest większa od 10 Ω dla powyższych napięć zasilających.

Wartości napięcia referencyjnego oraz napięcie odniesienia komparatora – ogranicznika prądu są równe odpowiednio 2.755V oraz 0.45V. Wartości te są niemalże identyczne z podawanymi w dokumentacji technicznej używanego stabilizatora L200.

Napięcie stabilizacji nieco różni się od założonych 8V, jednak nie na tyle, aby uznać, że układ nie działa poprawnie. Mogło to wynikać z użycia rezystorów o nieco innych wartościach niż tych wyliczonych wcześniej w zadaniu projektowym, bowiem były one dobierane z szeregu E12. Ponadto każdy z tych rezystorów był obciążony pewnym 10% błędem, co mogło mieć wpływ również na to, iż dla różnych wartości napięcia zasilającego oraz wartości rezystancji obciążenia napięcie wyjściowe stabilizuje się na trochę innym poziomie.

7. Raporty z ćwiczeń



Lp.	Charakterystyka $U_o = f(U_i)$					
	$R_o = 20\Omega, (I_o = \dots\dots A)$		$R_o = 150\Omega, (I_o = \dots\dots A)$		$R_o = \dots\dots\Omega, (I_o = \dots\dots A)$	
	$S_U = \dots\dots\dots V/V$		$S_U = \dots\dots\dots V/V$		$S_U = \dots\dots\dots V/V$	
	U_o [V]	U_i [V]	U_o [V]	U_i [V]	U_o [V]	U_i [V]
1.	1,6 0	2,26 0	0	0		
2.	0	2,26 1,17	6,8 mV	1,71		
3.	1,6 mV	2,26	14,8 mV	2,56		
4.	5,6 mV	2,86	1,834 V	3,23		
5.	2,171 V	3,98	2,383	3,86		
6.	2,615	4,54	3,212	4,75		
7.	3,553	5,62	4,38	5,98		
8.	4,17	6,34	4,95	6,56		
9.	4,72	6,97	5,86	7,49		
10.	5,70	8,09	7,29	8,96		
11.	7,05	10,02	7,50	9,94		
12.	7,06	10,37	7,51	10,89		
13.	7,06	11,20	7,51	11,17		
14.	7,06	11,68	7,51	12,26		
15.	7,06	12,13	7,51	13,46		
16.	7,06	12,84	7,51	14,03		
17.	7,06	14,41	7,51	15,26		
18.	7,07	15,64	7,51	15,99		
19.	7,07	16,61	7,51	17,03		
20.	7,07	17,81	7,51	18,24		
21.	7,07	19,28	7,51	19,11		
22.	7,07	20,06	7,51	20,12		

23 | 5,27 7,58

24 | 6,76 8,31

Lp.	Charakterystyka $U_o = f(I_o)$					
	$U_I = .8....V$		$U_I = .12..V$		$U_I =V$	
	$R_{wy} = \Omega$		$R_{wy} = \Omega$		$R_{wy} = \Omega$	
	$U_o [V]$	$I_o [mA]$	$U_o [V]$	$I_o [mA]$	$U_o [V]$	$I_o [mA]$
∞	1.	7,03	0,72 μA	7,58	0,82 μA	
205	2.	6,38	31,095 mA	7,52	36,663 mA	
200	3.	6,38	31,853	7,52	37,571	
195	4.	6,37	32,611	7,52	38,477	
190	5.	6,37	33,447	7,52	39,472	
185	6.	6,37	34,380	7,52	40,589	
170	7.	6,35	37,284	7,51	44,065	
150	8.	6,34	42,086	7,50	49,821	
120	9.	6,30	52,88	7,48	62,81	
100	10.	6,27	63,14	7,47	75,21	
80	11.	6,27	68,55	7,44	91,98	
60	12.	6,15	100,73	7,40	121,17	
50	13.	6,10	118,75	7,37	143,47	
40	14.	6,00	150,37	7,31	183,16	
30	15.	5,86	187,81	7,22	242,48	
20	16.	5,62	282,11	7,06	351,78	
10	17.	4,106	416,07	4,07	417,12	
5	18.	2,094	417,23	2,095	417,62	
0	19.	15,5 mV	418,05	14,8 mV	418,94	
	20.	0,9 mV	417,62	1,7 mV	417,51	
	21.					
	22.					

Ignorowanie
(zwornice)