

SYSTEMY ANALOGOWE I CYFROWE

Liniowe stabilizatory napięcia

Prowadzący: dr inż. Adam Wąż

Autor: Emilia Szymańska

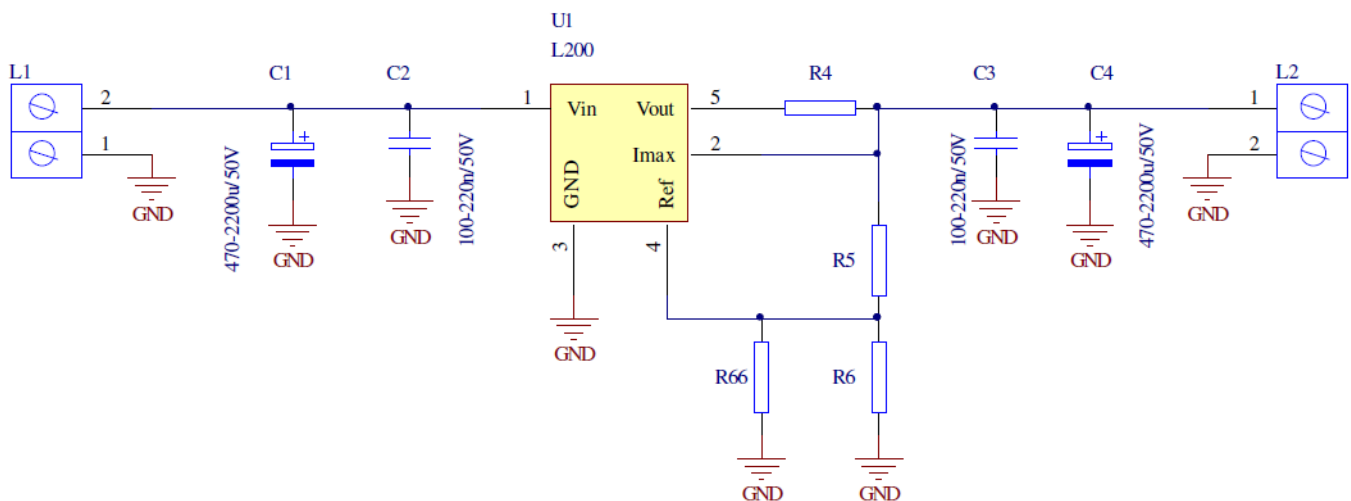
19.06.2020r.

1 Wstęp

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z właściwościami stabilizatora napięcia zbudowanego na popularnym układzie scalonym L200, nauka projektowania układu z jego użyciem oraz pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk stabilizatora.

2 Zaprojektowany układ

$U_{wyMAX} = 5V$, $I_{wyMAX} = 400mA$, $R_4 = 1.1k\Omega$, $R_5 = 1.6k\Omega$, $R_6 = 2k\Omega$



Rysunek 1: Stabilizator napięciowy - układ

3 Pomiary

$$R_4 = 1.2\Omega$$

$$R_5 = 1.594k\Omega$$

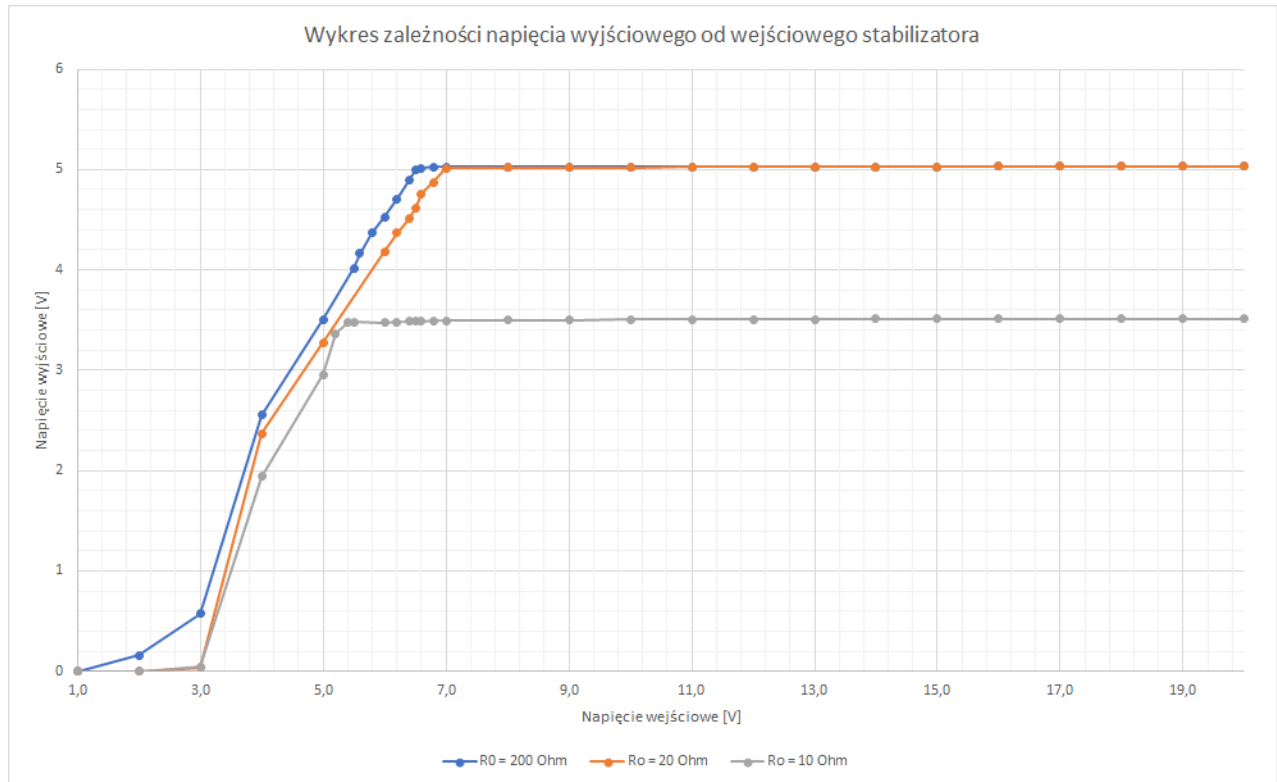
$$R_6 = 1.971\Omega$$

Na początku obliczam, czy do układu trzeba podłączyć radiator. Szacuję maksymalną moc wydzieloną na stabilizatorze ze wzoru $P_{MAX} = (U_{weMAX} - U_{wyNOM}) \cdot I_{wyMAX} = (20 - 5) \cdot 0.4 = 6W$. Następnie podstawiam dane do wzoru $T_{jMAX} = T_a + P_{MAX} \cdot R_{thj-a} = 20 + 6 \cdot 65 = 410^\circ C$. Wartość tej temperatury wskazuje, że potrzebne będzie użycie elementu, który spowoduje rozproszenie temperatury. W następnym kroku obliczam rezystancję krytyczną $R_k = \frac{U_{wyNOM}}{I_{wyMAX}} = 12.5\Omega$. Wykonuję pomiary dla trzech wartości obciążeń: dużo większego niż R_k , większego niż R_k i mniejszego niż R_k . Założyłam odpowiednio 200Ω , 20Ω i 10Ω (w tabeli są podane założone i zmierzone R_0). Na podstawie pomiarów wyliczam parametr S_u dla tych trzech przypadków:

$$S_{u200} = \frac{5.0323 - 5.0243}{20.0 - 7.0} \approx 0.00061538 \frac{V}{V}$$

$$S_{u20} = \frac{5.0345 - 5.0138}{20.0 - 7.0} \approx 0.0015923 \frac{V}{V}$$

$$S_{u10} = \frac{3.5150 - 3.4829}{20.0 - 6.2} \approx 0.0023261 \frac{V}{V}$$



Rysunek 2: Pomiary napięć wejściowych i wyjściowych dla różnych obciążeń

Ro >>> Rk	Ro = 201.8 Ω	Ro > Rk	Ro = 20.3 Ω	Ro < Rk	Ro = 10.2 Ω
Ro ≈ 200 Ω		Ro ≈ 20 Ω		Ro ≈ 10 Ω	
Uwe[V]	Uwy [V]	Uwe[V]	Uwy [V]	Uwe[V]	Uwy [V]
1,0	0,001	1,0	0,000	1,0	0,0000
2,0	0,157	2,0	0,002	2,0	0,0007
3,0	0,575	3,0	0,036	3,0	0,0462
4,0	2,553	4,0	2,368	4,0	1,9392
5,0	3,507	5,0	3,274	5,0	2,9584
5,5	4,0200	6,0	4,1817	5,2	3,3686
5,6	4,1642	6,2	4,3671	5,4	3,4722
5,8	4,3668	6,4	4,5068	5,5	3,4829
6,0	4,5307	6,5	4,6095	6,0	3,4722
6,2	4,7089	6,6	4,7592	6,2	3,4829
6,4	4,8913	6,8	4,8727	6,4	3,4862
6,5	4,9941	7,0	5,0138	6,5	3,4871
6,6	5,0153	8,0	5,0203	6,6	3,4881
6,8	5,0239	9,0	5,0216	6,8	3,4904
7,0	5,0243	10,0	5,0227	7,0	3,4917
8,0	5,0250	11,0	5,0238	8,0	3,4972
9,0	5,0254	12,0	5,0252	9,0	3,5013
10,0	5,0260	13,0	5,0265	10,0	3,5043
11,0	5,0266	14,0	5,0276	11,0	3,5063
12,0	5,0272	15,0	5,0289	12,0	3,5079
13,0	5,0278	16,0	5,0301	13,0	3,5091
14,0	5,0285	17,0	5,0311	14,0	3,5101
15,0	5,0291	18,0	5,0323	15,0	3,5108
16,0	5,0298	19,0	5,0333	16,0	3,5115
17,0	5,0305	20,0	5,0345	17,0	3,5120
18,0	5,0310			18,0	3,5126
19,0	5,0317			19,0	3,5138
20,0	5,0323			20,0	3,5150

Rysunek 3: Pomiary napięć wyjściowych i wejściowych na stabilizatorze

Dla trzech przypadków obliczam dropout voltage oraz zakres stabilizacji:

$$U_{DO200} = 6.8 - 5.0239 = 1.7761V$$

$$\Delta U_{wy200} = 5.0323 - 5.0239 = 0.0084V$$

$$U_{DO20} = 8.0 - 5.0203 = 2.9797V$$

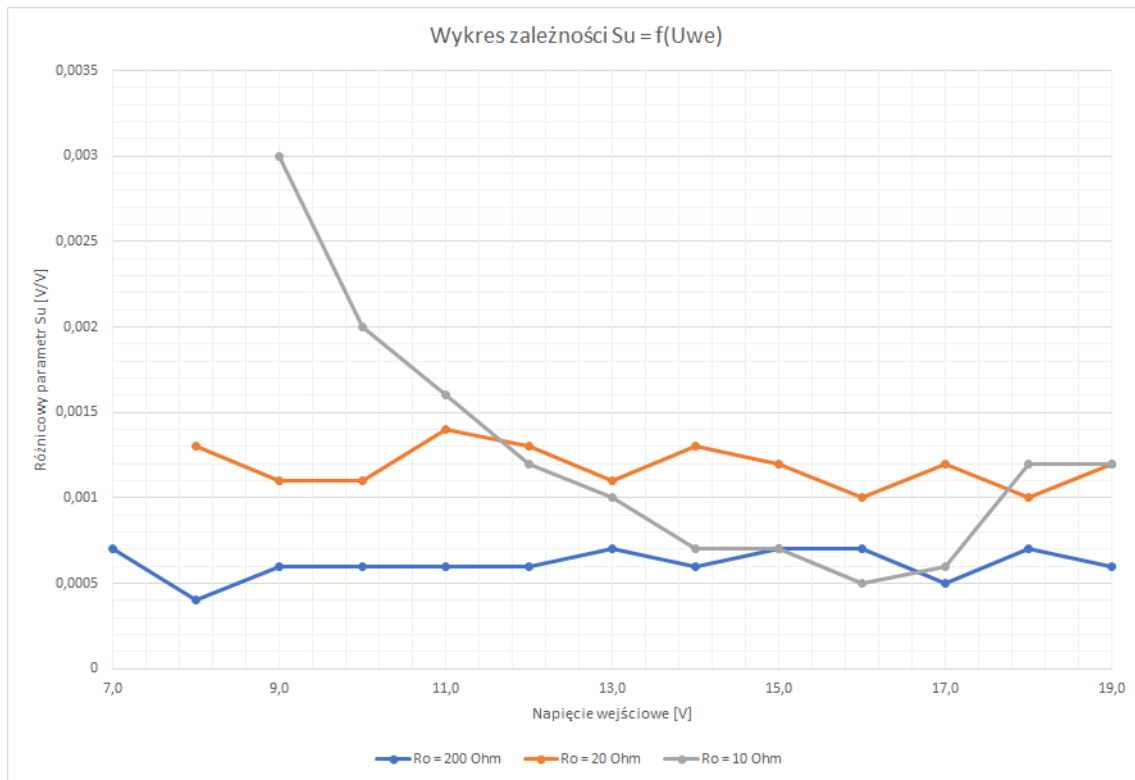
$$\Delta U_{wy20} = 5.0345 - 5.0203 = 0.0142V$$

$$U_{DO10} = 6.4 - 3.4862 = 2.9138V$$

$$\Delta U_{wy10} = 3.5150 - 3.4917 = 0.0233V$$

Następnie tworzę wykres, w którym parametr S_u jest różnicowo obliczany dla każdego napięcia w zakresie stabilizacji ze wzoru:

$$S_u(n) = \frac{U_{wy}(n+1) - U_{wy}(n)}{U_{we}(n+1) - U_{we}(n)}$$



Rysunek 4: Różnicowo obliczany parametr S_u

Dla każdego z przypadków za pomocą wykresu znajduję S_{uMIN} :

$$S_{uMIN200} = 0.0004 \frac{V}{V}$$

$$S_{uMIN20} = 0.001 \frac{V}{V}$$

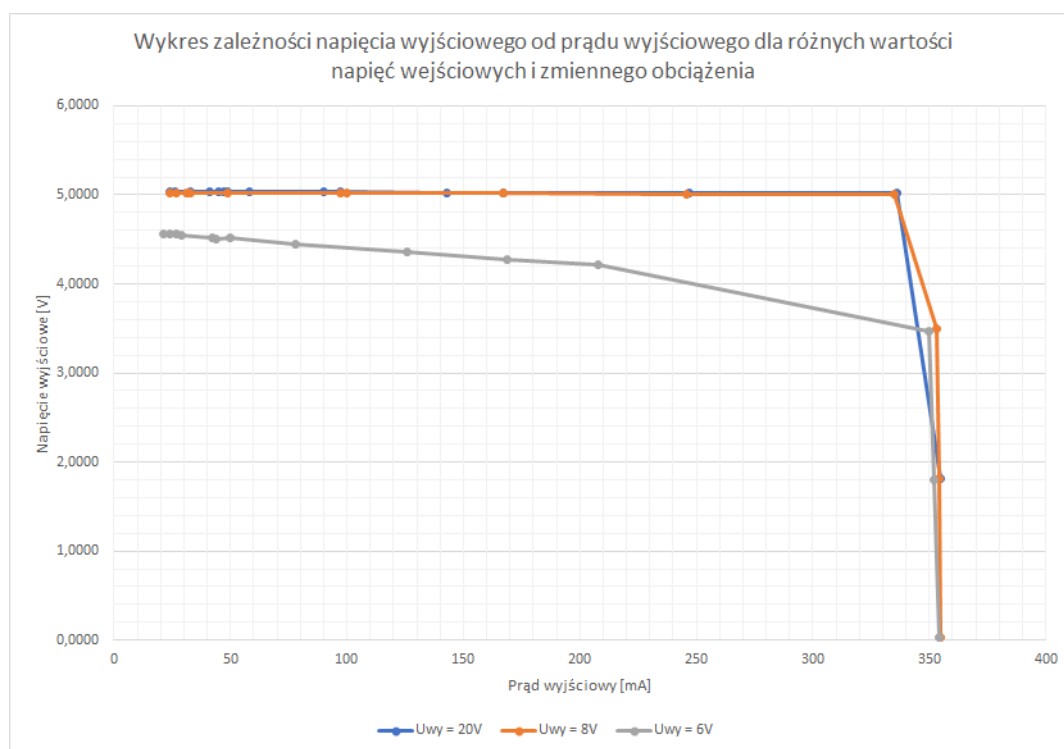
$$S_{uMIN10} = 0.0005 \frac{V}{V}$$

Dla trzech różnych wartości napięć wejściowych zmieniam wartość obciążenia i mierzę napięcie oraz prąd wyjściowy.

U _{we} = 20 V		U _{we} = 8 V		U _{we} = 6 V	
U _{wy} [V]	I _{wy} [mA]	U _{wy} [V]	I _{wy} [mA]	U _{wy} [V]	I _{wy} [mA]
5,0309	24	5,0235	24	4,5659	21
5,0308	26	5,0238	27	4,5572	24
5,0305	33	5,0237	31	4,5544	27
5,0308	41	5,0234	33	4,5454	29
5,0301	45	5,0224	49	4,5184	42
5,0308	47	5,0195	97	4,5085	44
5,0299	49	5,0194	100	4,5178	50
5,0303	58	5,0152	167	4,4442	78
5,0294	90	5,0102	246	4,3571	126
5,0300	97	5,0051	335	4,2773	169
5,0273	143	3,4935	353	4,2112	208
5,0265	167	1,8108	354	3,4653	350
5,0226	247	0,0352	355	1,7990	352
5,0191	336			0,0327	354
1,8167	355				

Rysunek 5: Pomiary napięć i prądów wyjściowych dla różnych napięć wejściowych i obciążeń

Na podstawie pomiarów tworzę wykres zależności $U_{wy} = f(I_{wy})$.



Rysunek 6: Wykres zależności $U_{wy} = f(I_{wy})$

Ze wzoru $R_{wy} = -\frac{\Delta U_{wy}}{\Delta I_{wy}}$ obliczam rezystancję wyjściową dla różnych wartości napięć wejściowych oraz zakresy wartości prądu wyjściowego, dla których następuje stabilizacja:

$$R_{wy20} = -\frac{5.0265 - 5.0308}{0.167 - 0.026} \approx 31m\Omega$$

$$I_{wy20} \in < 24; 336 > mA$$

$$R_{wy8} = -\frac{5.0102 - 5.0238}{0.246 - 0.027} \approx 62m\Omega$$

$$I_{wy8} \in < 24; 335 > mA$$

$$R_{wy6} = -\frac{4.2773 - 4.5572}{0.169 - 0.024} \approx 1.93\Omega$$

$$I_{wy6} \in < 21; 208 > mA$$

Podobnie jak w przypadku parametru S_u , różnicowo obliczam R_{wy} dla każdej wartości prądu I_{wy} i wyniki nanoszę na wykres, tworząc zależność $R_{wy} = f(I_{wy})$:



Rysunek 7: Wykres zależności $R_{wy} = f(I_{wy})$

Na koniec przy pomocy woltomierza mierzę spadek napięcia na R_6 przy nieobciążonym stabilizatorze - napięcie odniesienia $U_{REF} = 2.7717V$. Napięcie odniesienia komparatora-ogranicznika prądu jest spadkiem napięcia na R_4 przy zwartym wyjściu - $U_{SC} = 0.4252V$.

4 Porównanie obliczonych i uzyskanych wyników

- Wartości obliczone/założone

$$\rightarrow S_u = < 0.001; 0.01 > \frac{V}{V}$$

$$\rightarrow S_{uMIN} = 0.001 \frac{V}{V}$$

$$\rightarrow U_{DO} = < 2; 3 > V$$

$$\rightarrow U_{REF} = 2.75V$$

$$\rightarrow U_{SC} = 0.45V$$

$$\rightarrow U_{wyMAX} = 5V$$

$$\rightarrow I_{wyMAX} = 400mA$$

- Wartości otrzymane

$$\rightarrow S_u \in \{0.00062, 0.0016, 0.0024\}V \text{ odpowiednio dla } R_0 = \{200, 20, 10\}\Omega$$

$$\rightarrow S_{uMIN} = 0.0004 \frac{V}{V}$$

$$\rightarrow U_{DO} \in \{1.78, 2.98, 2.9138\}V \text{ odpowiednio dla } R_0 = \{200, 20, 10\}\Omega$$

$$\rightarrow R_{wy} = \{31, 62, 1930\}m\Omega \text{ odpowiednio dla } U_{we} = \{20, 8, 6\}V$$

$$\rightarrow U_{REF} = 2.7717V$$

$$\rightarrow U_{SC} = 0.4252V$$

$$\rightarrow U_{wyMAX} = (1 + \frac{R_5}{R_6})U_{REF} \approx 5.0132V$$

$$\rightarrow I_{wyMAX} = \frac{U_{SC}}{R_4} \approx 354mA$$

5 Wnioski

- Dla $R_0 > R_k$ im obciążenie jest większe, tym dla niższej wartości napięcia wejściowego napięcie na wyjściu się stabilizuje. Dla $R_0 < R_k$ znacznie maleje poziom ustabilizowania U_{wy} . Im wyższa wartość obciążenia, tym S_u , zakres stabilizacji ΔU_{wy} i dropout voltage mają większe wartości.
- Jeśli schodzimy z wartością napięcia wejściowego poniżej $U_{we} = U_{wynom} + 3V$, to wyjście stabilizuje się na mniejszej wartości niż w przypadku wyższych napięć. Im napięcie wejściowe jest mniejsze, tym większa jest wartość rezystancji wyjściowej.
- Wartości parametrów S_u oraz R_{wy} zostały podane w punkcie 4. Parametr S_u jest miarą zmiany napięcia na wyjściu w stosunku do zmiany napięcia na wejściu (dążymy do tego, by była to wartość jak najmniejsza i na wykresie linia przedstawiająca zależność $U_{wy} = f(U_{we})$ była pozioma ($S_u \rightarrow 0$). Parametr R_{wy} jest stosunkiem zmiany napięcia wyjściowego do zmiany prądu wyjściowego - określa, jak się zmieni napięcie na wyjściu pod wpływem wzrostu wartości prądu, który jest pobierany ze stabilizatora.
- Stabilizator pracuje jako stabilizator napięcia dla $R_0 > R_k$ i $U_{we} > U_{wyMAX} + 3V$, a jako stabilizator prądu dla $R_0 < R_k$ i $U_{we} < U_{wyMAX} + 3V$.
- Porównanie wartości otrzymanych z katalogowymi zostało przedstawione w punkcie 4. Różnice mogą wynikać z zaokrągleń wartości rezystorów do wartości z szeregu E24, niedokładności przyrządów pomiarowych lub innych zakłóceń.

- Układ ma ograniczenie prądowe, lecz zamiast 400 mA jest ono na poziomie ok. 355 mA. Może to wynikać z niedokładności wymienionych w poprzednim podpunkcie.