

STABILIZATORY NAPIĘCIA I PRĄDU STAŁEGO O DZIAŁANIU CIĄGŁYM

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

Wstęp

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z problemami związanymi z projektowaniem, realizacją i pomiarami parametrów stabilizatorów napięcia i prądu, zarówno parametrycznych jak i kompensacyjnych. Ćwiczenie składa się z dwóch części: pomiarowej i symulacyjnej realizowanych na odrębnych zajęciach. Zadaniem studentów jest dokonanie pomiaru wybranych parametrów i charakterystyk diod Zenera, scalonych źródeł referencyjnych, źródeł prądowych opartych o tranzystory bipolarne oraz stabilizatora napięcia o niskim spadku napięcia LDO (Low Drop Output) i porównanie ich z wynikami symulacji. Celem ćwiczenia jest ugruntowanie wiadomości dotyczących referencyjnych źródeł napięcia i prądu, stabilizatorów napięcia i prądu oraz różnorodnych zastosowań tranzystorów i wzmacniaczy operacyjnych. Przed przystąpieniem do zajęć należy indywidualnie przygotować konspekt zgodnie z przydzieloną grupą laboratoryjną.

W ćwiczeniu badać będziemy właściwości wybranych źródeł napięć referencyjnych, wybranych źródeł prądowych oraz stabilizatora napięcia LDO. Poniższy zestaw należy traktować jako propozycję którą mogą wykonać poszczególne grupy studentów. Ostateczną decyzję co do realizacji poszczególnych układów i punktów podejmie prowadzący ćwiczenia w oparciu o ocenę sprawności technicznej zespołu ćwiczących oraz dostępne układy i podzespoły. Warunkiem dopuszczenia do realizacji ćwiczenia jest przygotowanie konspektu oraz posiadanie arkusza do notowania wyników pomiarów.

Opis ćwiczenia

Większość układów elektronicznych musi być zasilana napięciem stałym o określonej wartości. Napięcie to nie powinno zależeć od wahań napięcia pierwotnego źródła energii (np. sieci energetycznej, baterii itp.), od wartości pobieranego prądu oraz od warunków zewnętrznych (np. temperatury), w których układ pracuje. Wymaganą stałość napięcia uzyskuje się za pomocą układów elektronicznych nazywanych stabilizatorami napięcia/prądu. Podstawowym podzespołem do budowy stabilizatorów napięcia jest referencyjne źródło napięcia/prądu. W przypadku budowy stabilizatorów kompensacyjnych koniecznymi podzespołami są jeszcze element regulacyjny (najczęściej tranzystor) oraz układ wzmacniający (najczęściej wzmacniacz operacyjny).

Tematem ćwiczenia jest badanie podstawowych właściwości stabilizatorów napięcia i prądu stałego o pracy ciągłej. Badane będą:

I. Podstawowe układy pracy referencyjnych źródeł napięcia (moduł ZNO-01):

- układ podstawowy z diodą Zenera,
- układ stabilizatora napięcia oparty na układzie LM385,
- układ stabilizatora napięcia oparty na układzie TL431,

II. Stabilizator napięcia o niskim spadku napięcia LDO (moduł LDO-01):

układ stabilizatora mikromocowego (ang. Low Power) o niskim spadku napięcia (ang. Low Drop Output) oparty na tranzystorze bipolarnym i wzmacniaczu operacyjnym.

III. Podstawowe układy stabilizatorów prądu (moduł ZP-01).

- źródło prądu wpływającego oparte na tranzystorze bipolarnym i diodzie świecącej LED,
- źródło prądu wypływającego oparte na tranzystorze bipolarnym i diodzie świecącej LED,
- źródło prądu wpływającego oparte na tranzystorze bipolarnym i układzie LM385,
- źródło prądu wypływającego oparte na tranzystorze bipolarnym i układzie TL431,

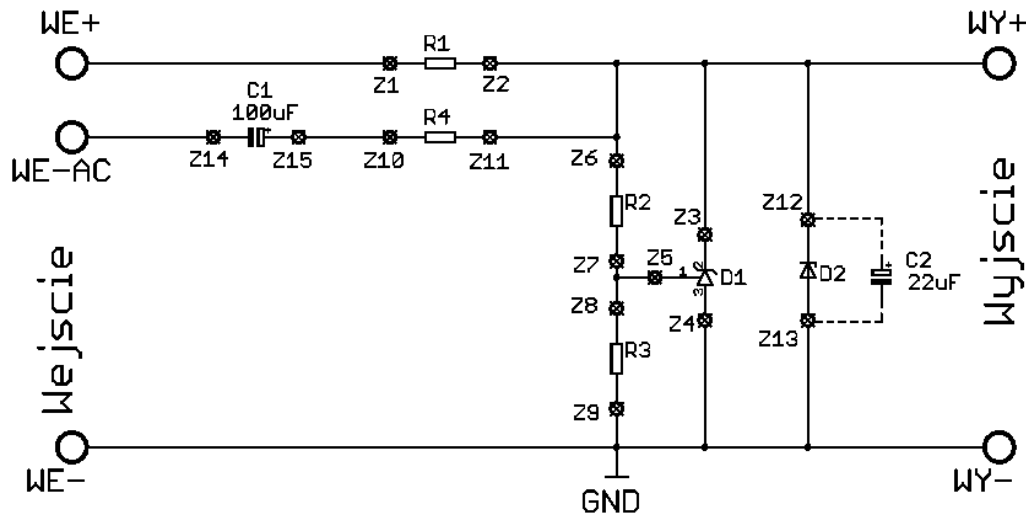
Do wykonania ćwiczenia, oprócz wyżej wymienionych modułów, wykorzystuje się również:

- regulowane źródło napięcia stałego SA0011 lub zewnętrzny stabilizator napięcia,
- dwa uniwersalne mierniki cyfrowe,
- generator funkcyjny Protek 9205,
- oscyloskop.

I. Podstawowe układy pracy referencyjnych źródeł napięcia ZNO

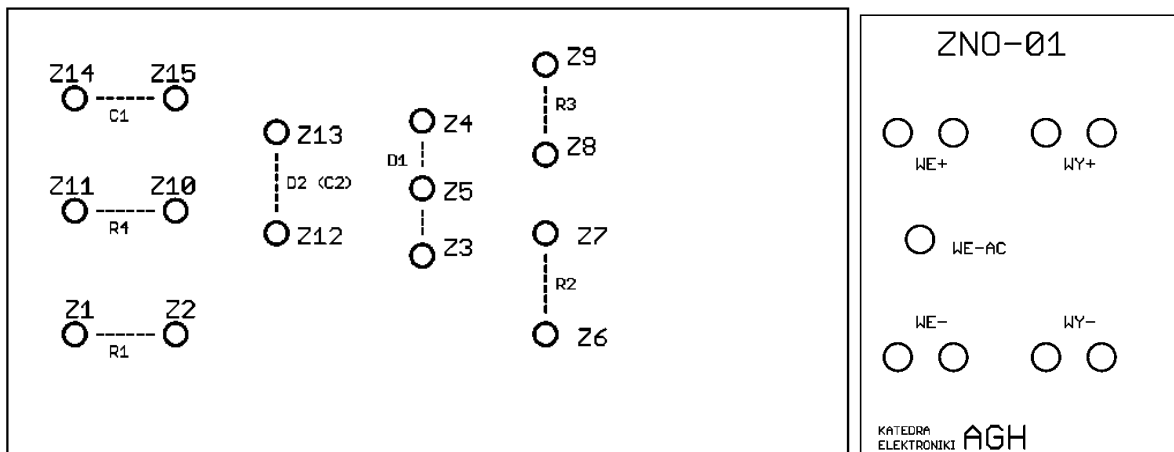
Schemat ideowy modułu ZNO-01 przedstawiono na rysunku 1.

Moduł zawiera wszystkie podstawowe elementy do badania napięciowych źródeł odniesienia (D1, D2) o różnych wartościach nominalnych napięcia wyjściowego z zakresu od 1.23V do 8.2V. Rezystor R1 pełni rolę szeregowego elementu ograniczającego prąd stały podobnie jak R4 ogranicza prąd dla składowej zmiennej. Rezystory R2 i R3 służą do ustalania napięcia na wyjściu w przypadku użycia w miejsce diody D1 układu TL431. W przypadku braku stabilności należy podłączyć kondensator C2 w miejsce diody D2.



Rys. 1. Schemat ideowy modułu ZNO-01

Wkładka referencyjnych źródeł napięcia ZNO-01



Rys. 2. Schemat montażowy modułu ZNO-01

Konspekt

Dobrać rezystory $R1$, $R2$, $R3$, $R4$ zgodnie z wytycznymi prowadzącego zajęcia pamiętając aby nie przekroczyć mocy maksymalnej wydzielanej na diodzie $D1$. Przygotować schemat montażowy korzystając z widoku wkładki zamieszczonego na rys. 2.

Uwaga! Do dyspozycji wyłącznie rezystory o wartościach: 50Ω , 75Ω , 100Ω , 220Ω , 330Ω , 560Ω , $1k\Omega$, $3.3k\Omega$, $4.7k\Omega$, $10k\Omega$, $15k\Omega$, $22k\Omega$, $39k\Omega$, $56k\Omega$, $68k\Omega$, $82k\Omega$, $100k\Omega$, oraz diody $D1$ o następujących typach – LM385-2.5, LM385-1.2, TL431, dioda Zenera 3.6V, 5.1V, 6.2V, 6.8V, 8.2V.

Pomiar charakterystyki $U_{wyj}=f(U_{wej})$ oraz $U_{wyj}=f(I_{obc})$

Po wykonaniu czynności omówionych powyżej, poprowadzić odpowiednie połączenia zewnętrzne modułu źródeł napięcia odniesienia zgodnie z wytycznymi prowadzącego zajęcia.

Charakterystyka prądowo-napięciowa stabilizatorów mierzona za pomocą woltomierzy cyfrowych może być równocześnie obserwowana za pomocą oscyloskopu.

Uwaga! Napięcie wejściowe U_{wej} układu należy nie powinno przekroczyć 15V.

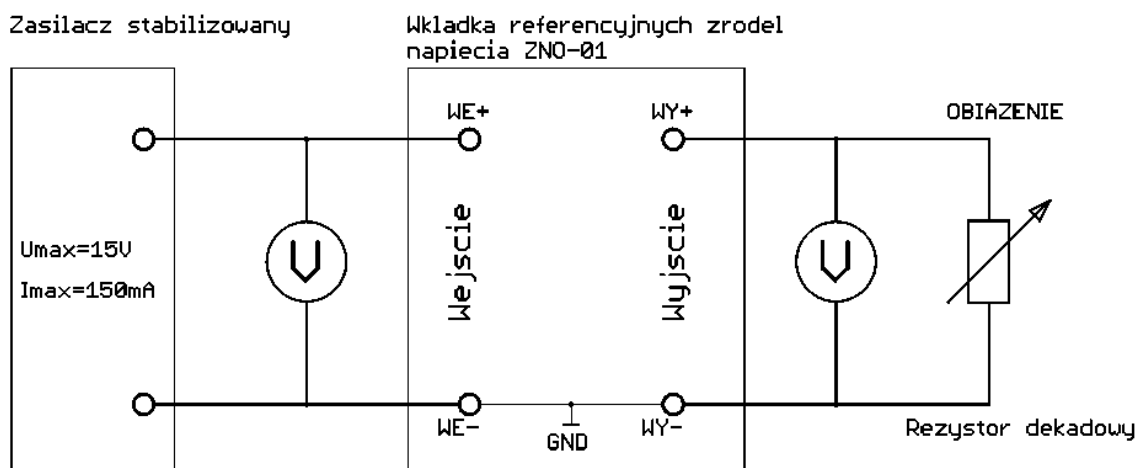
1. Zmierzyć charakterystyki prądowo-napięciowe stabilizatorów (napięcie wyjściowe w funkcji prądu obciążenia). Pomiary wykonać w taki sposób, aby można z nich było obliczyć dynamiczne rezystancje wyjściowe dla prądów obciążenia małego i dużego (np. 5mA i 20mA). Dla każdego stabilizatora należy zmierzyć dwie takie charakterystyki, przy minimalnym i maksymalnym założonym napięciu wejściowym.

Dynamiczną rezystancję wyjściową oblicza się ze wzoru:
$$r_{wy} = \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta I_{obc}} \Bigg|_{U_{we}=const}$$

2. Wykonać pomiary niezbędne do wyznaczenia współczynników stabilizacji napięciowej badanych układów przy prądach obciążenia jak poprzednio. Napięcie wejściowe zmieniać w założonych granicach (np. od 0 do 12 V).

Współczynnik stabilizacji od zmian napięcia wejściowego S_U , jest bardzo istotnym parametrem stabilizatora. Określa on wrażliwość napięcia wyjściowego na zmiany wartości napięcia zasilającego.

Współczynnik S_U można obliczyć ze wzoru:
$$S_U = \frac{\Delta U_{we}}{\Delta U_{wy}} \Bigg|_{I_{obc}=const}$$



Rys. 3. Schemat połączeń do pomiaru charakterystyki $U_{wyj}=f(U_{wej})$ oraz $U_{wyj}=f(I_{obc})$

TAB.1. Propozycja warunków granicznych służących do obliczeń rezystorów R1-R4.

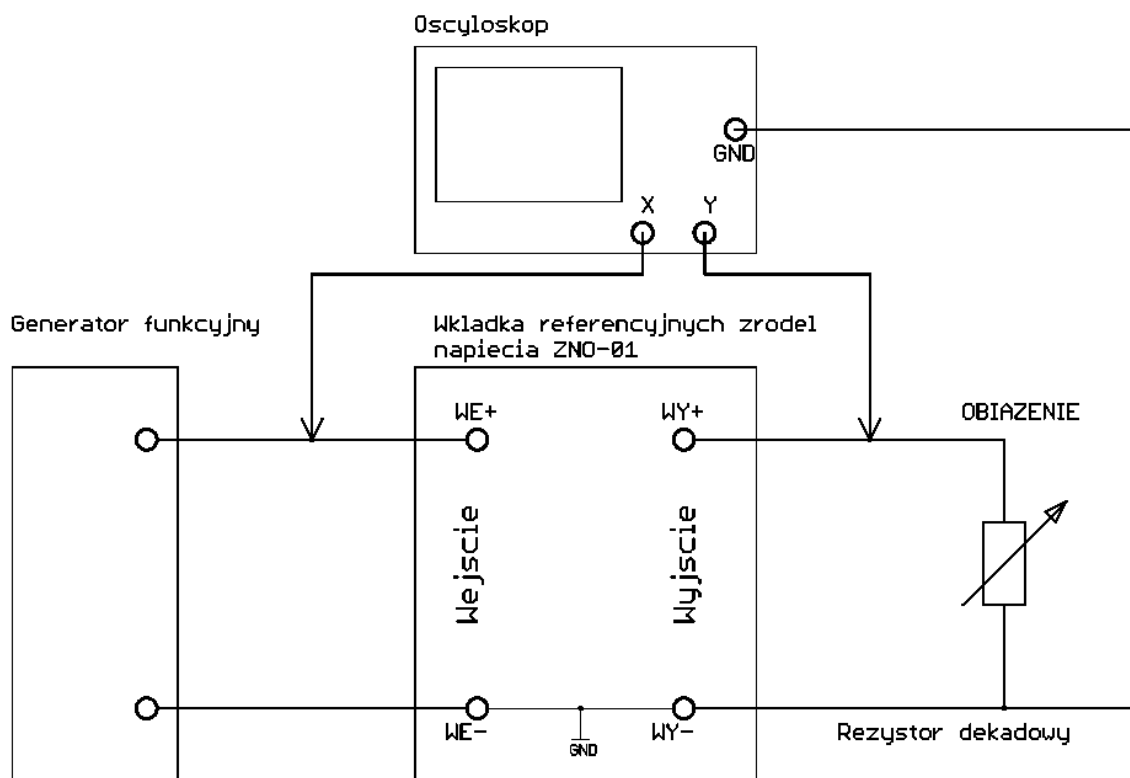
Nazwa elementu D1	Maksymalne napięcie wejściowe $U_{wej-max}$	Napięcie wyjściowe U_{wyj}	Maksymalny prąd stały płynący przez element D1 $I_{D1-DCmax}$	Maksymalny prąd zmienny i_{pp} (wartość międzyszczytowa) płynący przez element D1 $I_{D1-ACmax}$
LM385-1.2	5V	1.23V	$2.0 \pm 0.2mA$	$0.5 \pm 0.1mA$
LM385-1.2	5V	1.23V	$10 \pm 1.0mA$	$3 \pm 1.0mA$
LM385-2.5	6V	2.5V	$2.0 \pm 0.2mA$	$0.5 \pm 0.1mA$
LM385-2.5	5V	2.5V	$10 \pm 1.0mA$	$3 \pm 1.0mA$
TL431	12V	$7.2 \pm 1.0V$	$30 \pm 10mA$	$7.5 \pm 2.5mA$
TL431	12V	$5.0 \pm 0.5V$	$30 \pm 10mA$	$7.5 \pm 2.5mA$
TL431	12V	$3.3 \pm 0.3V$	$30 \pm 10mA$	$7.5 \pm 2.5mA$
TL431	12V	$2.5 \pm 0.1V$	$30 \pm 10mA$	$7.5 \pm 2.5mA$
Dioda Zenera C3V6	6V	3.6V	$30 \pm 5.0mA$	$7.5 \pm 2.5mA$
Dioda Zenera C4V7	8V	4.7V	$25 \pm 5.0mA$	$7.5 \pm 2.5mA$
Dioda Zenera C5V1	10V	5.1V	$20 \pm 5.0mA$	$5.0 \pm 2.5mA$
Dioda Zenera C6V2	10V	6.2V	$15 \pm 5.0mA$	$5.0 \pm 2.0mA$

Dioda Zenera C6V8	12V	6.8V	15±5.0mA	5.0±2.0mA
Dioda Zenera C8V2	12V	8.2V	10±2.5mA	4.0±2.0mA

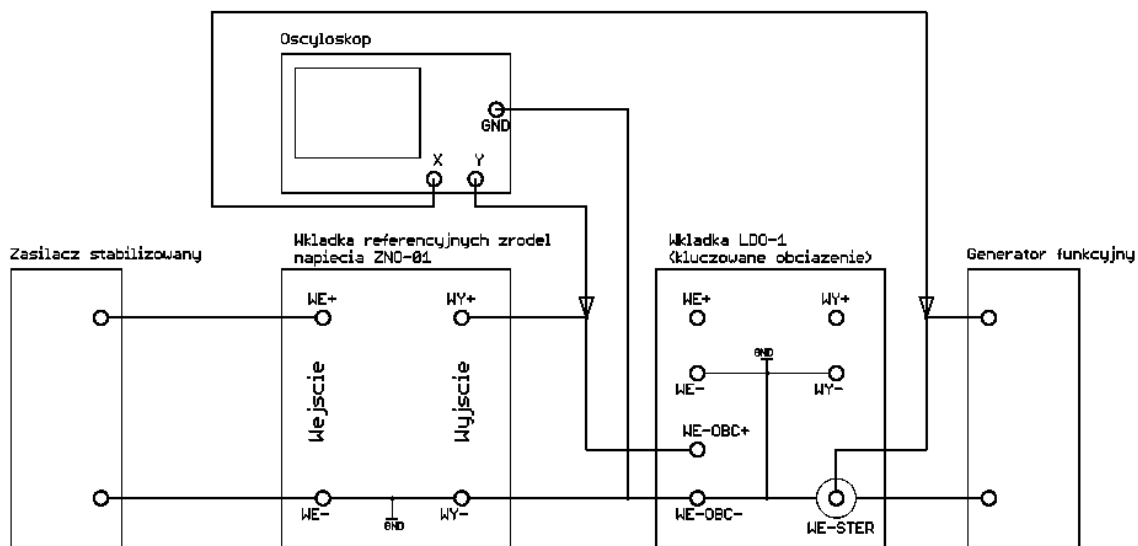
Przebieg ćwiczenia:

1. zamontować elementy zgodnie z obliczeniami w odpowiednie gniazda,
2. ustawić ograniczenia prądowe zewnętrznego zasilacza na wartość od 100mA do 150mA,
3. wykonać odpowiednio połączenia zgodnie z rysunkami (3 i/lub 4 i/lub 5),
4. zmierzyć charakterystykę wyjściową źródła napięcia odniesienia (U_{wy} w funkcji U_{we}) dla odpowiedniego zakresu napięcia wejściowego przy braku obciążenia oraz przy prądzie obciążenia (rysunek 3),
5. zmierzyć charakterystykę wyjściową źródła napięcia odniesienia (U_{wy} w funkcji I_{wy}) dla zakresu napięcia wejściowego wybranego przez prowadzącego zajęcia (np. $U_{wy}+3V$, $U_{wy}+5V$),
6. przerysować przebiegi napięć na wyjściu badanego układu przy skokowej zmianie napięcia na wejściu źródła napięcia odniesienia,
 - a. poprowadzić połączenia wg rysunku 4,
 - b. ustawić generator na przebieg prostokątny, częstotliwość około 1kHz, składowa stała DC, składowa zmienna V_{pp} - 1V, przy braku obciążenia oraz przy wybranym prądzie obciążenia,
 - c. skomentować w sprawozdaniu zaobserwowane przebiegi.
7. Przerysować przebiegi napięć na wyjściu badanego układu przy skokowej zmianie obciążenia na wyjściu stabilizatora napięcia,
 - a. poprowadzić połączenia wg rysunku 5,
 - b. dobrać dwa rezystory obciążenia zgodnie z wytycznymi prowadzącego ćwiczenia,
 - c. ustawić generator na przebieg prostokątny, częstotliwość około 100Hz (bez składowej stałej), składowa zmienna V_{pp} - 8V i podłączyć do układu kluczującego obciążenie,
 - d. skomentować w sprawozdaniu zaobserwowane przebiegi.

W sprawozdaniu zamieścić uzyskane charakterystyki oraz wartości parametrów stabilizatora.



Rys. 4. Schemat połączeń do pomiaru odpowiedzi dynamicznej $U_{wyj}=f(U_{wej})$



Rys. 5. Schemat połączeń do pomiaru odpowiedzi dynamicznej $U_{wyj}=f(I_{obc})$

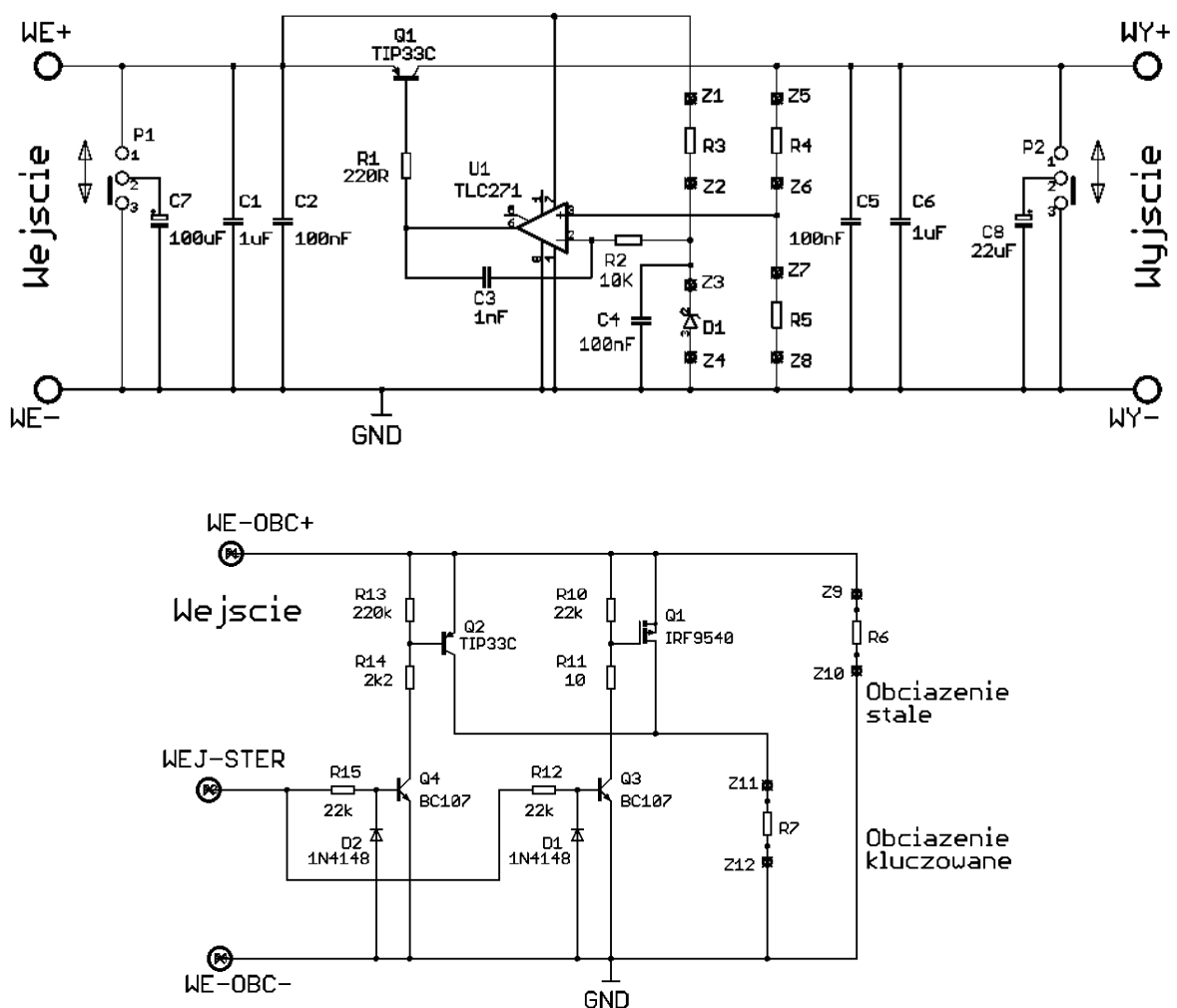
II. Stabilizator napięcia o niskim spadku napięcia LDO

Schemat ideowy modułu LDO-01 przedstawiono na rysunku 6.

Moduł zawiera wszystkie podstawowe bloki funkcjonalne kompensacyjnego stabilizatora napięcia: źródło napięcia odniesienia (R3, D1), wzmacniacz błędów (U1, R1, R2, C3) oraz element regulacyjny (Q1). Umożliwia on zrealizowanie stabilizatora LDO, bez ograniczeniem prądu wyjściowego i o różnych wartościach nominalnych napięcia wyjściowego z zakresu od 2.5V do 10V.

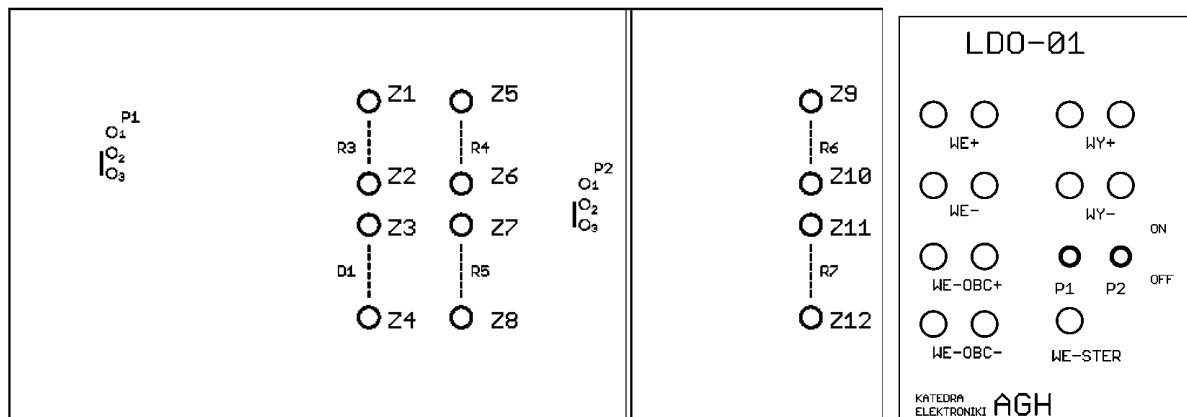
Napięcie wyjściowe układu jest stabilizowane dzięki włączeniu między źródło napięcia wejściowego a obciążenie tranzystora Q1. Tranzystor ten pełni rolę szeregowego elementu regulacyjnego. Sygnał sterujący tranzystorem pochodzi ze wzmacniacza błędów (U1), porównującego napięcie na wejściu „-” (napięcie referencyjne diody D1) z napięciem na wejściu „+” (pochodzącym wyjścia stabilizatora poprzez dzielnik napięcia R4 i R5). Układ dąży do stanu, w którym różnica napięć na wejściach wzmacniacza jest bliska zeru.

Zastosowanie odpowiednich dzielników dla napięcia wyjściowego pozwala na uzyskanie szerokiego zakresu nominalnych napięć wyjściowych stabilizatora (2.5÷10V).



Rys. 6. Schemat ideowy modułu LDO-01 (stabilizator LDO i kluczowane obciążenie)

Wkładka stabilizatora napięcia LDO i układu kluczkowania obciążenia



Rys. 7. Schemat montażowy modułu LDO-01

Obserwacje i pomiary

Konspekt

Wyprowadzić zależność na napięcie wyjściowe układu stabilizatora napięcia i dobrać jego wartość zgodnie z poleceniem prowadzącego z zakresu od 2.5V do 10V. Przygotować schemat montażowy korzystając z widoku wkładki zamieszczonego na rys. 7.

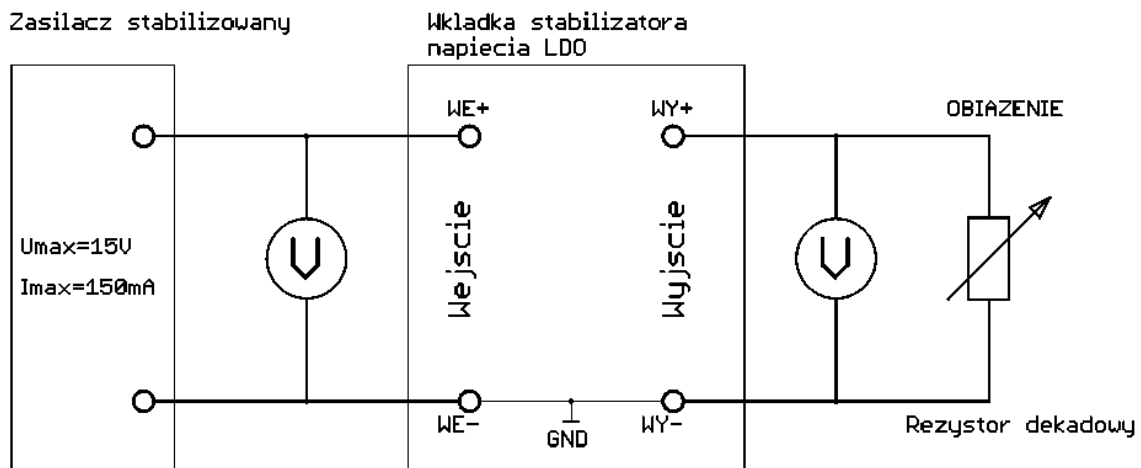
Uwaga! Do dyspozycji wyłącznie rezystory o wartościach: 50Ω, 75Ω, 100Ω, 220Ω, 330Ω, 560Ω, 1kΩ, 3.3 kΩ, 4.7kΩ, 10 kΩ, 15 kΩ, 22 kΩ, 39 kΩ, 56 kΩ, 68 kΩ, 82 kΩ, 100 kΩ, oraz diody D1 o następujących typach – LM385-2.5, LM385-1.2, dioda Zenera 3.6V, 5.1V, 6.2V, 6.8V, 8.2V.

TAB.2. Propozycja warunków granicznych służących do obliczeń rezystorów R3-R7.

Nazwa elementu D1	Maksymalne napięcie wejściowe $U_{wej-max}$	Napięcie wyjściowe U_{wyj}	Maksymalny prąd stały płynący przez element D1 $I_{D1-DCmax}$	Maksymalny prąd obciążenia
LM385-1.2	6V	2.5±0.2V	2.0±0.2mA	50±15mA
LM385-1.2	8V	3.3±0.3V	2.0±0.2mA	50±15mA
LM385-1.2	10V	5.0 ±0.5V	2.0±0.2mA	50±15mA
LM385-2.5	6V	2.5V	2.0±0.2mA	50±15mA
LM385-2.5	8V	3.3±0.3V	2.0±0.2mA	50±15mA
LM385-2.5	10V	5.0 ±0.5V	2.0±0.2mA	50±15mA
LM385-2.5	12V	7.2 ±0.5V	2.0±0.2mA	50±15mA
Dioda Zenera C5V1	8V	5.1±0.5V	8.0±3.0mA	50±15mA
Dioda Zenera C5V1	15V	10.0±0.5V	8.0±3.0mA	50±15mA

Dioda Zenera C6V8	15V	10.0±0.5V	8.0±3.0mA	50±15mA
----------------------	-----	-----------	-----------	---------

Pomiar charakterystyki $U_{wyj}=f(U_{wej})$ oraz $U_{wyj}=f(I_{obc})$



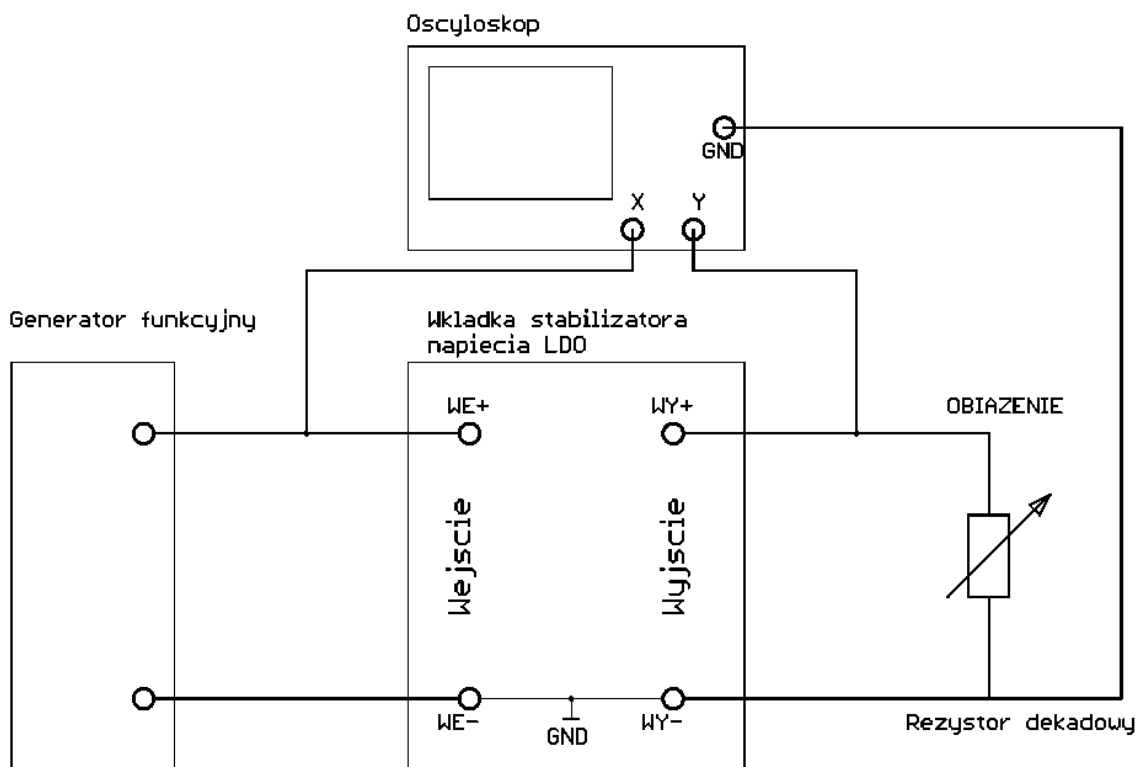
Rys. 8. Schemat połączeń do pomiaru charakterystyki $U_{wyj}=f(U_{wej})$ oraz $U_{wyj}=f(I_{obc})$

Przebieg ćwiczenia:

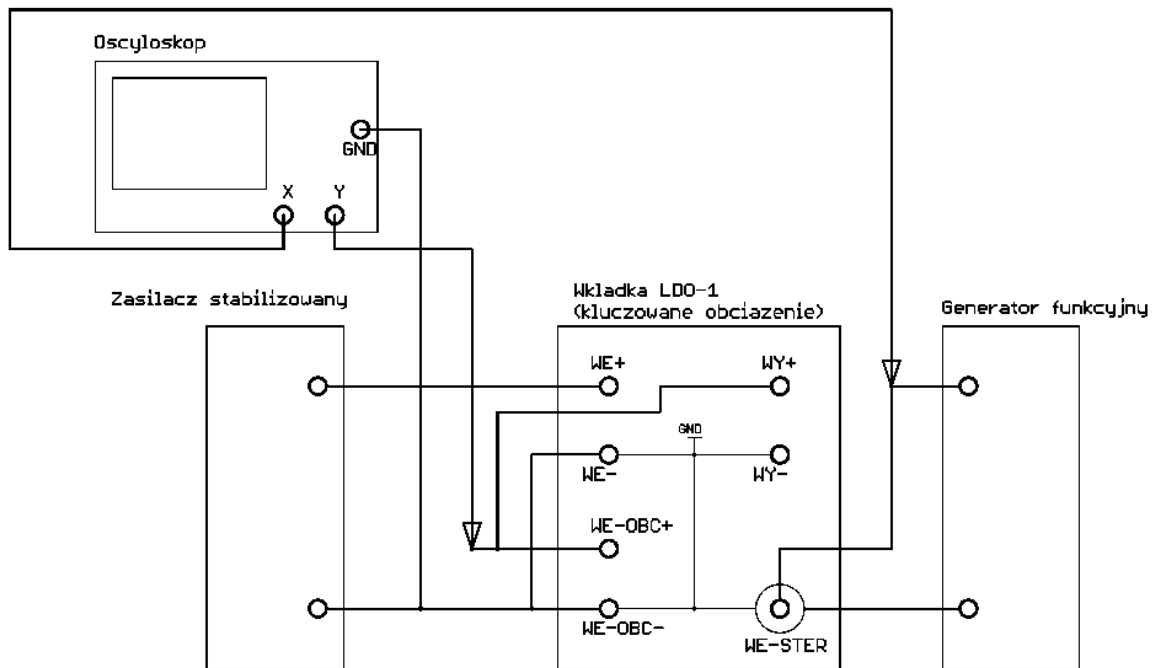
1. zamontować elementy zgodnie z obliczeniami w odpowiednie gniazda,
2. zewrzeć wyprowadzenia 1-2 w przełącznikach P1 i P2,
3. ustawić ograniczenia prądowe zewnętrznego zasilacza na wartość od 100mA do 150mA,
4. wykonać połączenia zgodnie z rysunkiem 8,
5. zmierzyć charakterystykę wyjściową stabilizatora (U_{wy} w funkcji U_{we}) dla napięcia wejściowego z zakresu 0 do 12V przy braku obciążenia oraz przy prądzie obciążenia,
6. zmierzyć charakterystykę wyjściową stabilizatora (U_{wy} w funkcji I_{wy}) dla napięcia wejściowego z zakresu $U_{wy}+1V$, $U_{wy}+2V$, $U_{wy}+3V$,
7. Przerysować przebiegi napięć na wyjściu badanego układu przy skokowej zmianie napięcia na wejściu stabilizatora napięcia,
 - a. zewrzeć wyprowadzenia 2-3 w przełącznikach P1 i P2,
 - b. poprowadzić połączenia wg rysunku 9, podłączając D1-LM385-1.2, R3-10k Ω , R3-10k Ω , R3-10k Ω ,
 - c. ustawić generator na przebieg prostokątny, częstotliwość około 1kHz, składowa stała DC taka aby stabilizator działał prawidłowo np. $U_{wy}+3V$, składowa zmienna V_{pp} - 1V, przy braku obciążenia oraz przy prądzie 5mA, 10mA i 15mA
 - d. ustawić generator na przebieg prostokątny, częstotliwość około 1kHz, składowa stała DC - 3V, składowa zmienna V_{pp} - 1V, przy braku obciążenia oraz przy prądzie 5mA, 10mA i 15mA
 - e. skomentować w sprawozdaniu zaobserwowane przebiegi.
8. Przerysować przebiegi napięć na wyjściu badanego układu przy skokowej zmianie obciążenia na wyjściu stabilizatora napięcia,

- zwerzeć wyprowadzenia 1-2 w przełącznikach P1 i wyprowadzenia 2-3 w przełącznikach P2,
- poprowadzić połączenia wg rysunku 10, podłączając D1-LM385-2.5, R3-10k Ω , R3-10k Ω , R3-10k Ω ,
- dobrać dwa rezystory obciążenia zgodnie z wytycznymi prowadzącego ćwiczenia,
- ustawić generator na przebieg prostokątny, częstotliwość około 100Hz, bez składowej stałej, składowa zmienna V_{pp} - 8V i podłączyć do układu kluczującego obciążenie,
- powtórzyć pomiary dla podłączonego kondensatora wyjściowego (wyprowadzenia 2-3 w przełącznikach P2 zwarte),
- skomentować w sprawozdaniu zaobserwowane przebiegi.

W sprawozdaniu zamieścić uzyskane charakterystyki oraz wartości parametrów stabilizatora.



Rys. 9. Schemat połączeń do pomiaru charakterystyki dynamicznych $U_{wyj}=f(U_{wej})$ przy różnych prądach obciążenia I_{obc} .



Rys. 10. Schemat połączeń do pomiaru odpowiedzi dynamicznej $U_{wyj}=f(I_{obc})$

Literatura pomocnicza:

Wykłady – Podstawy Elektroniki, KE AGH

S.Kuta „Elementy i układy elektroniczne”, cz.1,2, AGH

P.Horowitz, W.Hill, „Sztuka elektroniki”, WKiŁ, Warszawa 1996.

U.Tietze Ch.Schenk, „Układy półprzewodnikowe”, WNT 1996