

Pracownia Konstrukcji i Eksploatacji Urządzeń Elektronicznych

Badanie stabilizatora napięcia z regulacją ciągłą

opracowali:
Bogdan Bartosiński
Marek Przybylski

Budowa i zasada działania szeregowego stabilizatora napięcia.

Każdy zasilacz stabilizowany szeregowy zawiera:

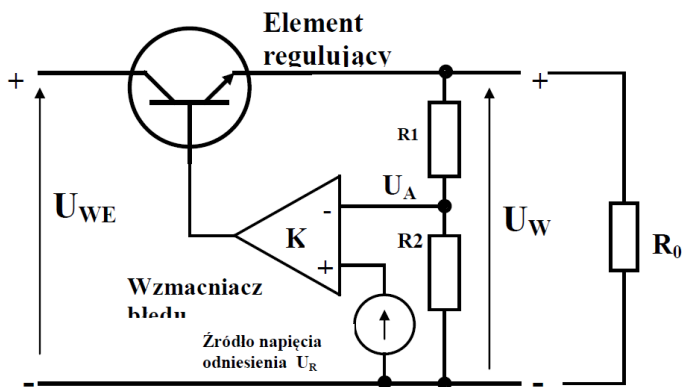
- źródło napięcia wzorcowego (referencyjne, odniesienia);
- wzmacniacz błędny;
- element regulowany – tranzystor szeregowy;

Może występować również:

- obwód ograniczenia prądu;
- ogranicznik termiczny.

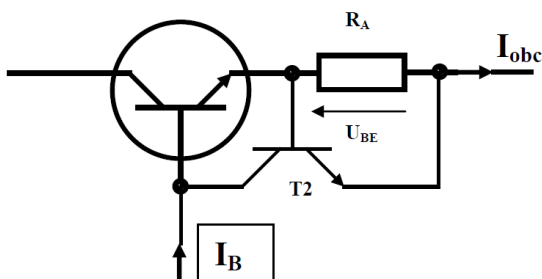
Dzielnik napięcia R1, R2 zapewnia możliwość uzyskania wymaganego napięcia wyjściowego. Jeżeli zamiast rezystora R1 zostanie zastosowany potencjometr, możliwa jest płynna regulacja napięcia wyjściowego.

Jeżeli pod wpływem zmiany napięcia wejściowego U_{WE} (wzrostu lub spadku) lub zmiany prądu obciążenia (wzrostu lub spadku) następuje zmiana napięcia wyjściowego U_{WY} , następuje również zmiana napięcia U_A . Powstała różnica napięć $\pm (U_A - U_R)$ jest wzmacniana przez wzmacniacz K. Z wyjścia wzmacniacza jest sterowany tranzystor regulacyjny tak, że przy spadku napięcia wyjściowego U_{WY} tranzystor zostaje bardziejysterowany, a przy wzroście napięcia wyjściowego U_{WY} tranzystor będzie mniejysterowany zapewniając tym samym niezmiennie napięcie wyjściowe w zakresie stabilizacji.



Rys. 1. Zasada działania szeregowego stabilizatora napięcia.

Jeżeli w prostym stabilizatorze napięcia nastąpi zwarcia na wyjściu, układ ulega uszkodzeniu. Zapobiega się temu przez układ ograniczenia prądu (rys. 2).



Rys. 2. Zasada działania ograniczenia prądu stabilizatora napięcia.

Dopóki prąd obciążenia nie przekracza wartości prądu ograniczenia stabilizatora, zapewniona jest stabilizacja napięcia. Jeżeli jednak iloczyn wartości prądu I_{obc} i wartości rezystora R_A osiągnie wartość około 0,7 V tranzystor T2 zaczyna przewodzić i część prądu I_B staje się prądem kolektora T2, a tym samym uniemożliwia przekroczenia dopuszczalnego prądu zwarcia. Można budować układy o różnych charakterystykach ograniczenia prądu, od prostokątnej do S – owej, gdzie przy zwarcu wartość prądu jest znacznie mniejsza od prądu maksymalnego.

W układach zasilających, które zapewniają regulowane napięcie wyjściowe, praktycznie prawie nie stosuje się już układów zbudowanych z elementów dyskretnych. Zamiast nich do użytku weszły układy scalone, charakteryzujące się wieloma zaletami.

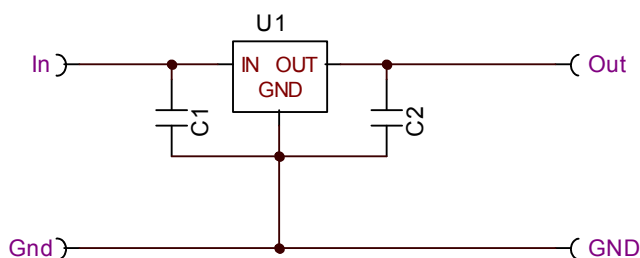
Układy scalone zawierają w jednej obudowie źródło napięcia wzorcowego, wzmacniacz błędów oraz element regulujący (tranzystor mocy) i kompleksowy układ elektroniczny do regulacji i nadzoru. Ze względu na umieszczenie elementu regulacyjnego pomiędzy wejściem i wyjściem są to szeregowo stabilizatory napięcia.

Zalety regulatora jednonapięciowego

- dobre właściwości regulacyjne;
- wysoka dokładność;
- kompaktowa forma wykonania;
- funkcja nadzoru SOA (Safe Operating Area - Obszar Bezpiecznej Pracy);
- ograniczenie nadprądowe;
- nadzór termiczny;
- dostępny w wielu wariantach dla różnych wartości napięcia i natężenia.

Układ standardowy

W ćwiczeniu zastosowano LM7805 – jego parametry szczegółowe podano w wyciągu z katalogu załączonym na 10 stronie instrukcji.

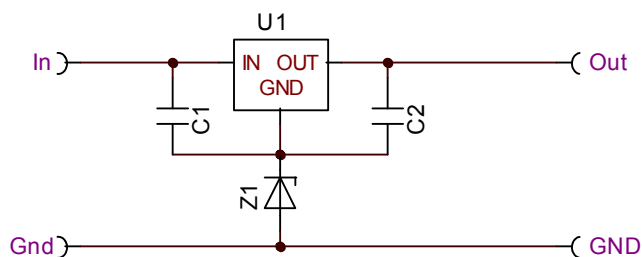


Rys. 3. Standardowy schemat układu 7805.

Monolityczne stabilizatory napięcia są zbudowane szczególnie prosto i są łatwe w obsłudze. Często mają tylko trzy wyprowadzenia i można je bardzo łatwo wbudować w układ zasilacza. Szczególnie przy małych prądach, do kilku amperów cieszą dużą popularnością. Wadą, podobnie jak we wszystkich analogowych regulatorach szeregowych jest ich niski współczynnik sprawności, który przy dużych prądach prowadzi do trudnych do zaakceptowania strat mocy.

Ważne przy wszystkich aplikacjach regulatorów jednonapięciowych są dwa kondensatory wspornikowe z dobrymi właściwościami w zakresie wielkich częstotliwości, które tłumią skłonność stabilizatora do oscylacji.

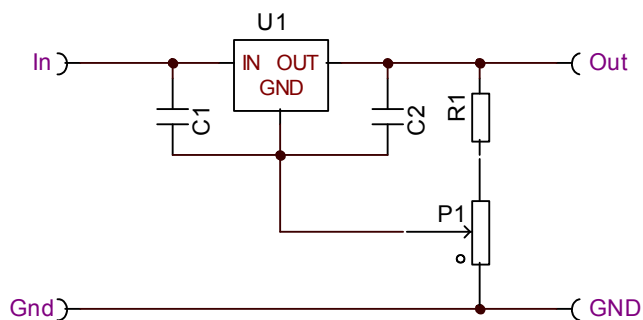
Podwyższanie napięcia z pomocą diod Zenera



Rys. 4. Schemat układu 7805 z podwyższonym napięciem wyjściowym

Regulowane napięcie wyjściowe regulatorów jednonapięciowych można podwyższyć z pomocą układów zewnętrznych. Regulowane napięcie wyjściowe podwyższa się w tej aplikacji o wartość napięcia diody Zenera.

Nastawiane napięcie wyjściowe

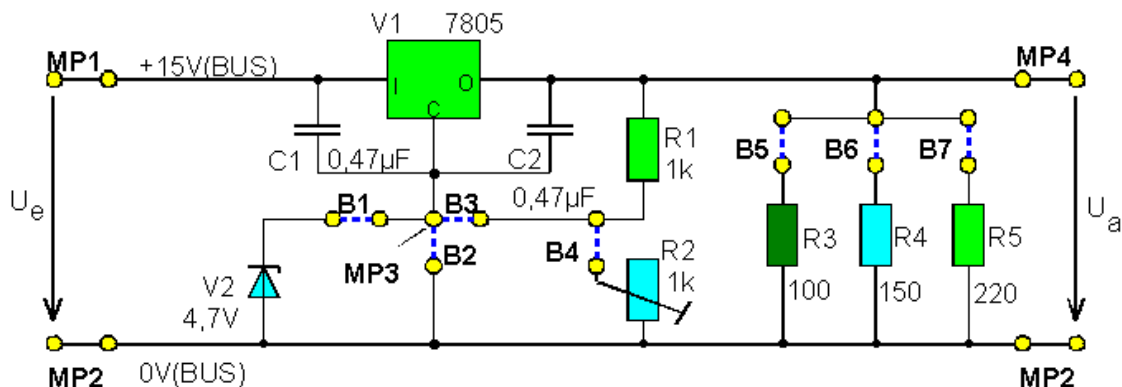


Rys. 5. Schemat układu realizującego regulację napięcia wyjściowego.

Jeśli jedno z wyprowadzeń regulatora jest dołączone nie do masy ale do nastawnego dzielnika napięcia zasilanego napięciem wyjściowym, wówczas można w pewnych granicach nastawiać napięcie wyjściowe.

Imię i nazwisko:	Klasa:	Stanowisko:	Nr w dzienniku:
Skład grupy:			
•			
•			
•			
•			
Temat ćwiczenia: Badanie stabilizatora napięcia z regulacją ciągłą			Data wykonania ćwiczenia:
Ocena z przeprowadzonego ćwiczenia:		Podpis nauczyciela:	

- **Wyposażenie stanowiska pomiarowego.**
 - model stabilizatora napięcia;
 - zasilacz laboratoryjny z pomiarem napięcia i prądu;
 - zasilacz niestabilizowany do pomiaru tętnień (w miejsce zasilacza laboratoryjnego);
 - multimetr cyfrowy szt. 3;
 - obciążenie R_0 – rezystor suwakowy regulowany;
 - oscyloskop.
- **Przebieg ćwiczenia:**



Rys. 6. Schemat połączeń układu do badania charakterystyki przejściowej stabilizatora.

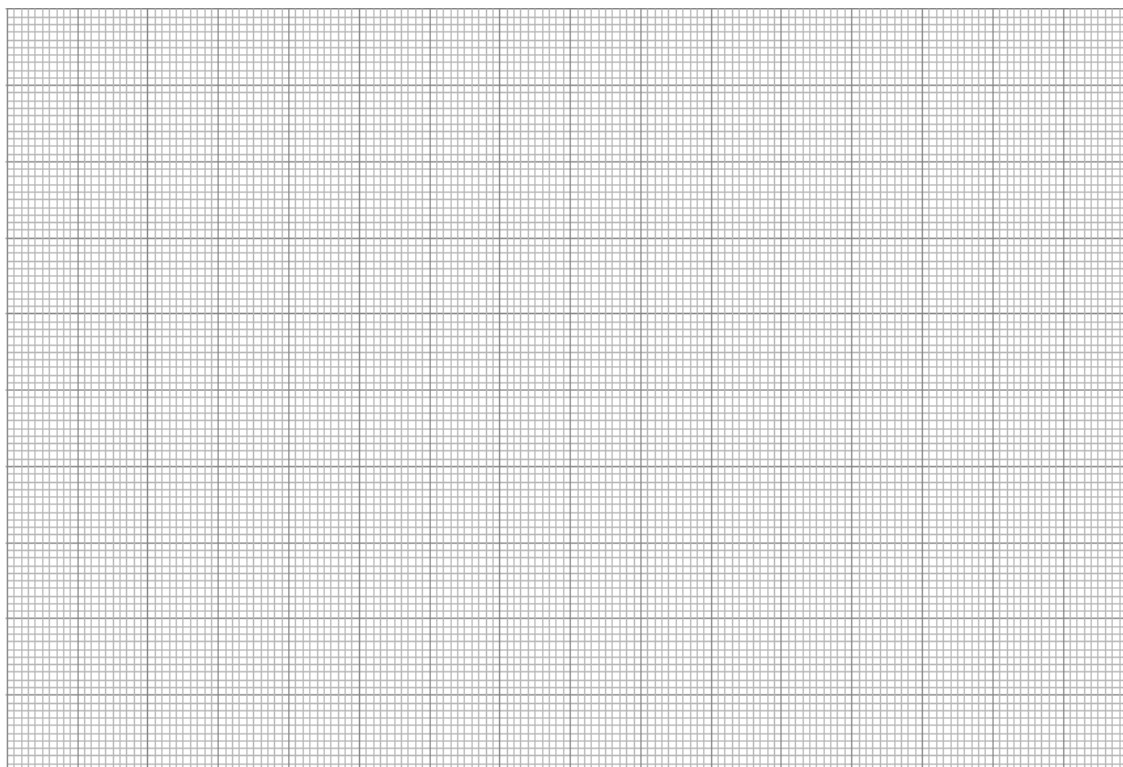
A. Pomiar charakterystyki przejściowej:

- do zacisków MP1 i MP2 przyłączyć wyjście z zasilacza DC;
- zewrzeć zworkę **B2**;
- zewrzeć zworkę **B5** dołączając do wyjścia stabilizatora rezystor R3 równy 100 Ω (na płytce drukowanej rezystor oznaczony jest jako R2);
- do wejścia stabilizatora podłączyć woltomierz V1, do wyjścia natomiast woltomierz V2,
- zmieniając napięcie wejściowe U_{we} w zakresie od 1V do 20 V uzupełnić odczytami poniższą tabelkę;
- pamiętać o przepisywaniu wszystkich cyfr z woltomierza V2.

U_{we} [V]	1,0	2	3	4	5	6	6,5	7	10	13	16	20
U_{wy} [V]												

Narysować charakterystykę przejściową $U_{wy} = f(U_{we})$.

Na wykresie wyznaczyć minimalne napięcie wejściowe, przy którym stabilizator pracuje normalnie (wyznaczyć zakres napięcia stabilizacji). Obliczyć współczynnik stabilizacji napięciowej.



Zakres stabilizacji:

Współczynnik stabilizacji od zmian napięcia wejściowego:

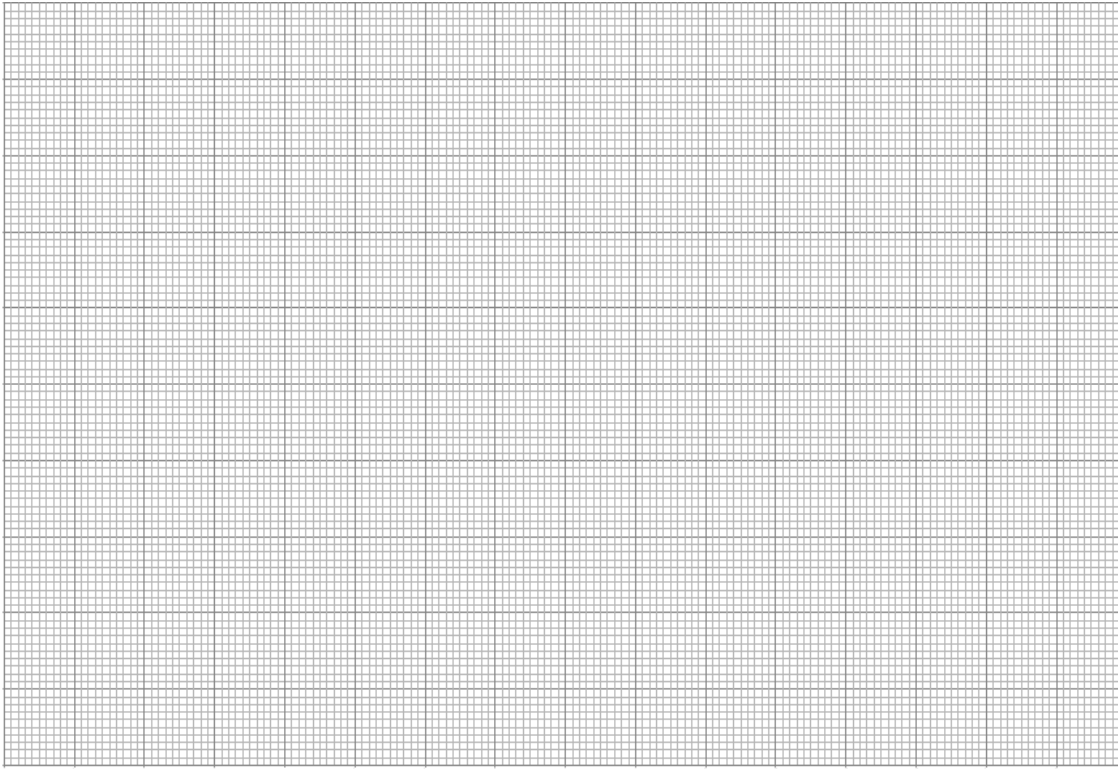
$$S_U = \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta U_{we}} \quad S_u = \dots\dots\dots$$

B. Pomiar charakterystyki obciążeniowej w układzie podstawowym:

- utrzymując wartość napięcia $U_{we} = U_{wemin} + 2V$; dokonać pomiarów U_{wy} oraz natężenia prądu obciążenia I_{wy} mierzonego przy pomocy amperomierza na zakresie 20 A;
- prąd regulować rezystorem suwakowym tak by uzyskać na amperomierzu żadaną wartość z tabeli a następnie wpisać wartość U_{wy} z woltomierza dołączonego do wyjścia stabilizatora;
- uzupełnić poniższą tabelkę do wartości prądu **1000 mA**;
- ostatnie cztery pomiary przeprowadź ustawiając wcześniej na rezystorze suwakowym (przy wyłączonym zasilaczu) wyszczególnione wartości rezystancji, ostatni pomiar jest w warunkach zwarcia.

Pomiary wykonywać w obecności nauczyciela!

$U_{we} = U_{wemin} + 2V$	
U_{wy} [V]	I_{wy} [mA]
	0
	400
	600
	800
	1000
	5 Ω
	4 Ω
	2 Ω
	0 Ω



Narysować charakterystykę obciążenia $U_{wy} = f(I_{wy})$. Wyznaczyć współczynnik stabilizacji obciążeniowej, rezystancję wyjściową.

Współczynnik stabilizacji napięciowej od zmian prądu obciążenia, od 0 do I_{max} :

$$S_{UI} = \frac{U_{wy\ max} - U_{wy\ min}}{U_{wy\ max}} \cdot 100 \quad S_{UI} = \dots\dots\dots$$

Rezystancja wyjściowa

$$R_{wy} = \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta I_{wy}} \quad R_{wy} = \dots\dots\dots$$

Przeanalizuj wyniki pomiarów zamieszczone w tabeli. Przy jakiej wartości napięcia wyjściowego jest maksymalna wartość prądu wyjściowego? Jaka jest wartość prądu zwarcia. Czy jest ona zbliżona do wartości podanej w danych z wyciągu z katalogu na str.10?

C. Podwyższanie napięcia wyjściowego zasilacza za pomocą diody Zenera

- wyjąć zworkę **B2**, natomiast zewrzeć **B1**;
- podłączyć rezystancję obciążenia $100\ \Omega$ (na płytce oznaczony jako R2)
- wykonać pomiary napięcia wyjściowego dla napięć wejściowych zamieszczonych w poniższej tabeli
- o ile zwiększyło się napięcie w stabilizatorze w porównaniu z układem bez diody Zenera?

U_{we} [V]	12	14	16	18	20
U_{wy} [V]					

D. Regulacja napięcia wyjściowego w stabilizatorze przy pomocy zewnętrznych rezystorów

- wyjąć zworkę **B1**, natomiast zewrzeć zworki **B3** i **B4**;
- nastawić $U_{we} = 15\text{ V}$;
- sprawdzić zakres nastawiania U_{wy} (regulując potencjometrem R2);
- powtórzyć pomiary dla $U_{we} = 20\text{ V}$.

$U_{we} = 15\text{ V}$ $U_{wy\ min} = \dots\dots\dots U_{wy\ max} = \dots\dots\dots$

$U_{we} = 20\text{ V}$ $U_{wy\ min} = \dots\dots\dots U_{wy\ max} = \dots\dots\dots$

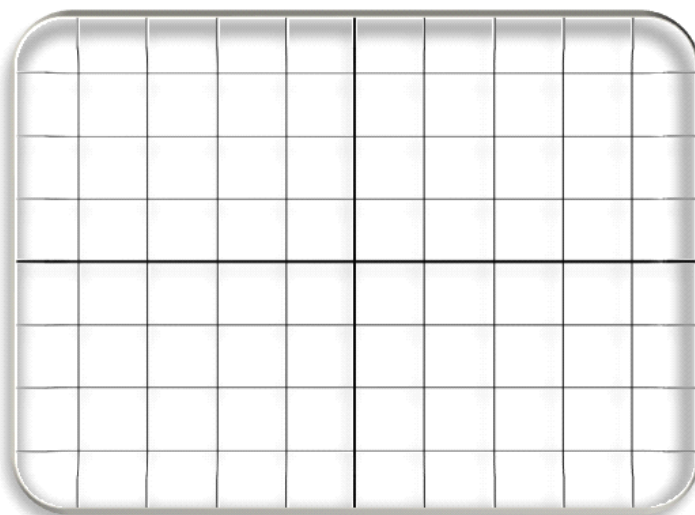
- na podstawie przeprowadzonych pomiarów uzasadnij czy stabilizator z regulowanym napięciem ma dobre własności stabilizujące.
- oblicz dla jakiej wartości rezystancji potencjometru P1 napięcie wyjściowe stabilizatora wyniesie 7,5V. Obliczeń dokonaj dla $R1 = 1\text{ k}\Omega$, $U_{st} = 5\text{ V}$ przekształcając wzór:

$$U_{wy} = U_{st} \left(1 + \frac{R1}{P1} \right) \quad P1 = \dots\dots\dots$$

Zakładamy, że prąd płynący przez potencjometr z wyprowadzenia C stabilizatora (wspólnego dla wejścia i wyjścia) jest mały i można go zaniedbać.

E. Wyznaczenie współczynnika skuteczności tłumienia tętnień:

- przywróć układ z pkt. A;
- do zacisków MP1 i MP2 zamiast zasilacza DC podłączyć zasilacz niestabilizowany;
- podłącz U_{we} do kanału CH1 a U_{wy} do kanału CH2 oscyloskopu;
- przerysuj oscylogram napięcia wejściowego U_{we} oraz wyjściowego U_{wy} , zanotuj ustawienia oscyloskopu.



- na podstawie pomiarów odpowiednich napięć oblicz współczynnik skuteczności tłumienia tętnień.

Współczynnik skuteczności tłumienia tętnień

$$k_U = \frac{U_{wy\ pp}}{U_{we\ pp}} \cdot 100 \quad K_U = \dots\dots\dots$$

gdzie: $U_{wy\ pp}$ – to wartość międzyszczytowa tętnień na wyjściu, a $U_{we\ pp}$ – na wejściu stabilizatora.

Oceń, o ile razy zmniejszyły się tętnienia na wyjściu układu w stosunku do tętnień na wejściu.

Wyciąg z katalogu:

ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF L7805A ($V_I=10V$, $I_O=1A$, $T_J = 0$ to $150^\circ C$ (L7805AC), $T_J = -40$ to $125^\circ C$ (L7805AB), unless otherwise specified.)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ C$	4.9	5	5.1	V
V_O	Output Voltage	$I_O = 5mA$ to $1A$ $P_O \leq 15W$ $V_I = 7.5$ to $20V$	4.8	5	5.2	V
ΔV_O (*)	Line Regulation	$V_I = 7.5$ to $25V$ $I_O = 500\ mA$		7	50	mV
		$V_I = 8$ to $12V$		10	50	mV
		$V_I = 8$ to $12V$ $T_J = 25^\circ C$		2	25	mV
		$V_I = 7.3$ to $20V$ $T_J = 25^\circ C$		7	50	mV
ΔV_O (*)	Load Regulation	$I_O = 5mA$ to $1A$		25	100	mV
		$I_O = 5mA$ to $1.5A$ $T_J = 25^\circ C$		30	100	V
		$I_O = 250$ to $750mA$		8	50	V
I_q	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ C$		4.3	6	mA
					6	mA
ΔI_q	Quiescent Current Change	$V_I = 8$ to $25V$ $I_O = 500\ mA$			0.8	mA
		$V_I = 7.5$ to $20V$ $T_J = 25^\circ C$			0.8	mA
		$I_O = 5mA$ to $1A$			0.5	mA
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_I = 8$ to $18V$ $f = 120Hz$ $I_O = 500mA$		68		dB
V_d	Dropout Voltage	$I_O = 1A$ $T_J = 25^\circ C$		2		V
eN	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ C$ $B = 10Hz$ to $100KHz$		10		$\mu V/V_O$
R_O	Output Resistance	$f = 1KHz$		17		$m\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_I = 35V$ $T_A = 25^\circ C$		0.2		A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25^\circ C$		2.2		A
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift			-1.1		mv/ $^\circ C$

(*) Load and Line Regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.