

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,

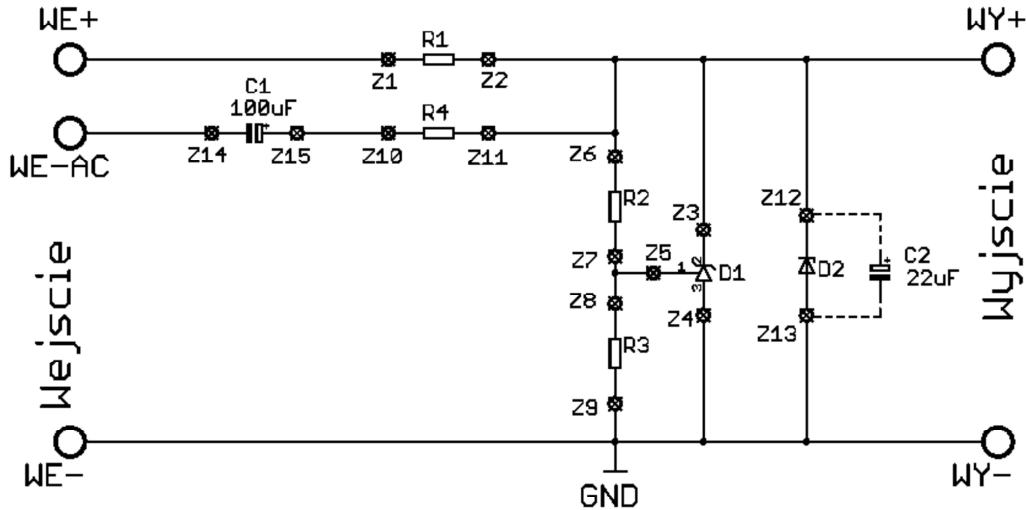
Do wykonania ćwiczenia, oprócz wyżej wymienionych modułów, wykorzystuje się również:

- 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

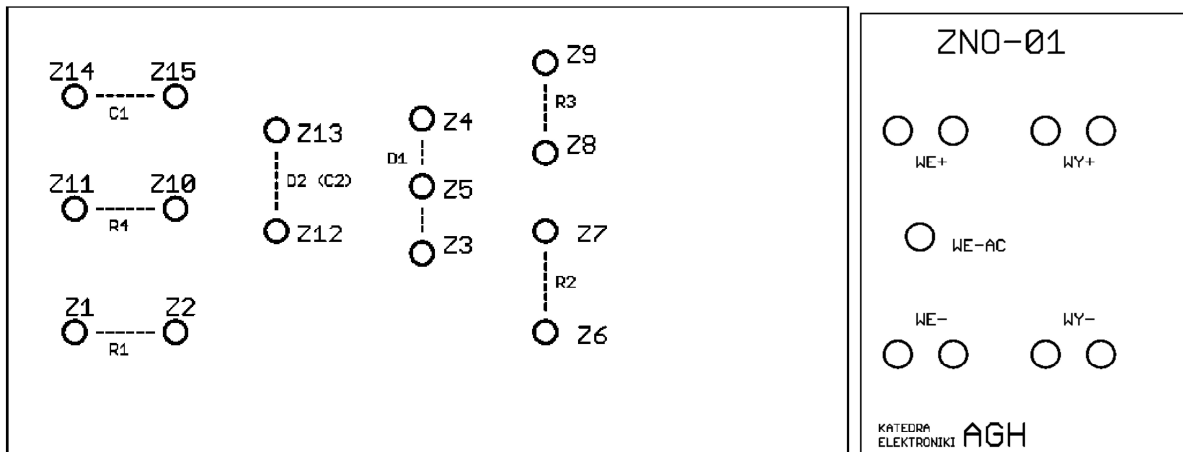
Schemat ideowy modułu ZNO-01 przedstawiono na rysunku 1.

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.

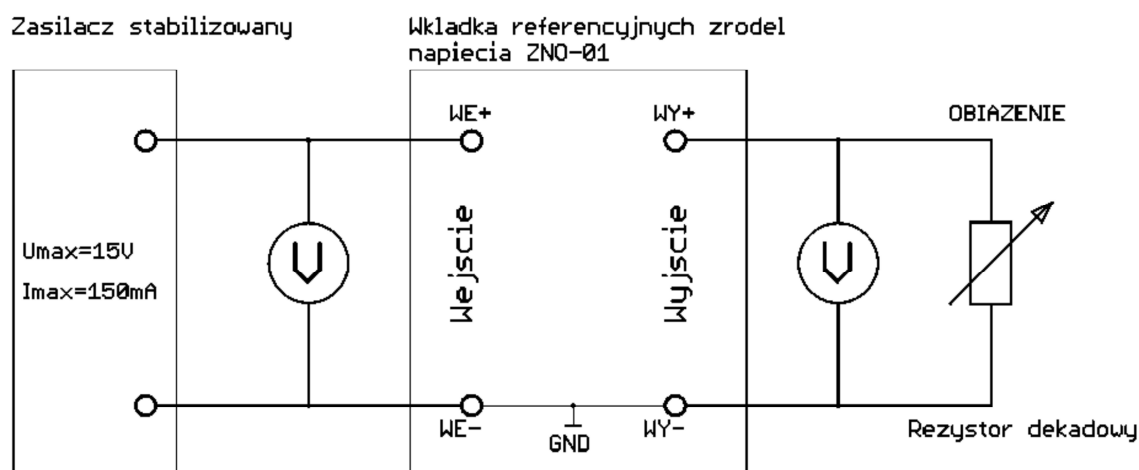
1. Zmierzyć charakterystyki prądowo-napięciowe stabilizatorów (napięcie wyjściowe w funkcji prądu obciążenia). Pomiary wykonać w taki sposób, aby można z nich było obliczyć dynamiczne rezystancje wyjściowe dla prądów obciążenia małego i dużego (np. 5mA i 20mA). Dla każdego stabilizatora należy zmierzyć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

Dynamiczną rezystancję wejściową 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.

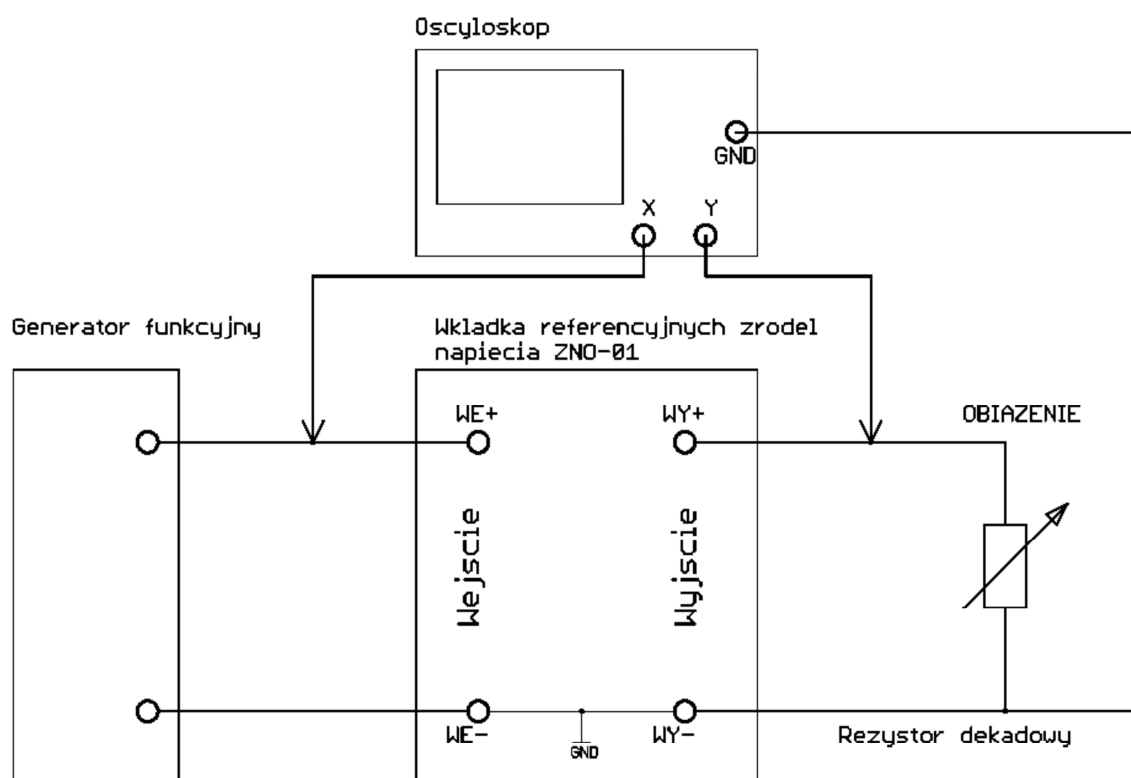
Nazwa elementu D1	Maksymalne napięcie wejściowe $U_{wej-max}$	Napięcie wyjściowe U_{wyj}	Maksymalny prąd stały płynący przez element D1 $I_{D1-DCmax}$	Maksymalny prąd zmienny i_{pp} (wartość między- szczytowa) płynący przez element D1 $I_{D1-ACmax}$
LM385-1.2	5V	1.23V	$2.0 \pm 0.2mA$	$0.5 \pm 0.1mA$
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

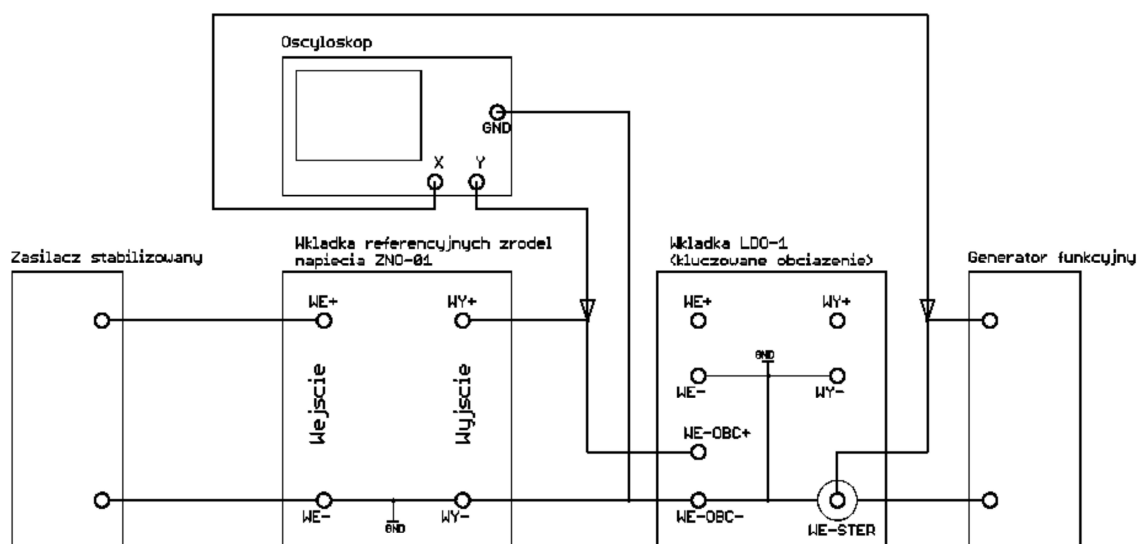
Przebieg ćwiczenia:

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 $U_{wyj}=f(I_{obc})$

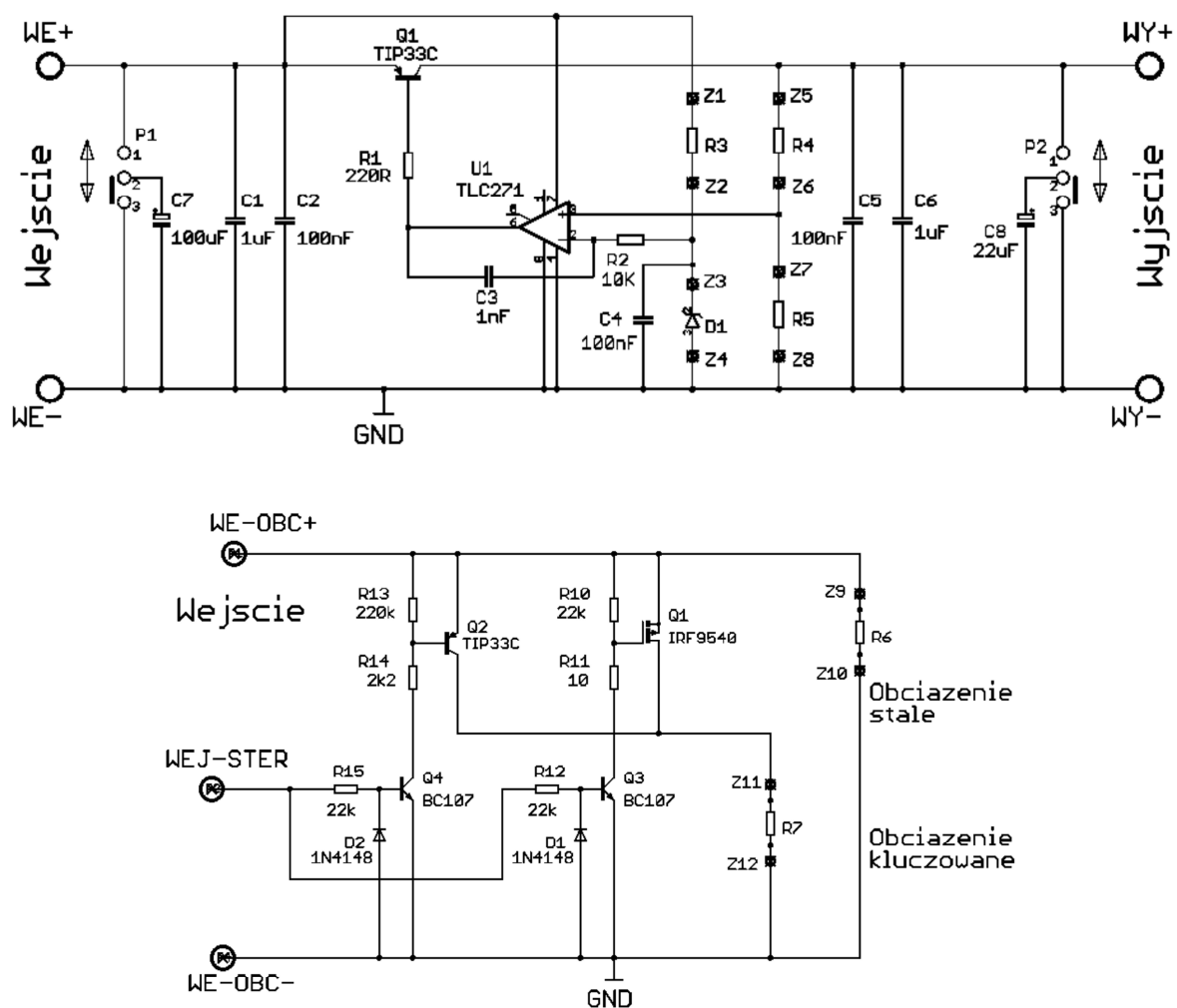
II. Stabilizator napięcia o niskim spadku napięcia LDO

Schemat ideowy modułu LDO-01 przedstawiono na rysunku 6.

Moduł zawiera wszystkie podstawowe bloki funkcjonalne kompensacyjnego stabilizatora napięcia: źródło napięcia odniesienia (R3, D1), wzmacniacz błęd (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.

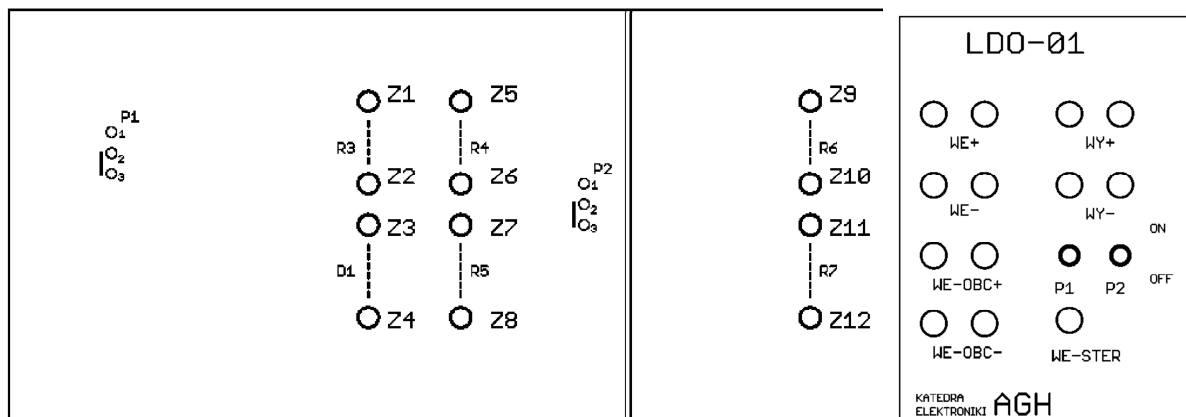
Napięcie wyjściowe układu jest stabilizowane dzięki włączeniu między źródło napięcia wejściowego a obciążenie tranzystora Q1. Tranzystor ten pełni rolę szeregowego elementu regulacyjnego. Sygnał sterujący tranzystorem pochodzi ze wzmacniacza błęd (U1), porównującego napięcie na wejściu „-” (napięcie 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 kluczkowane 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.

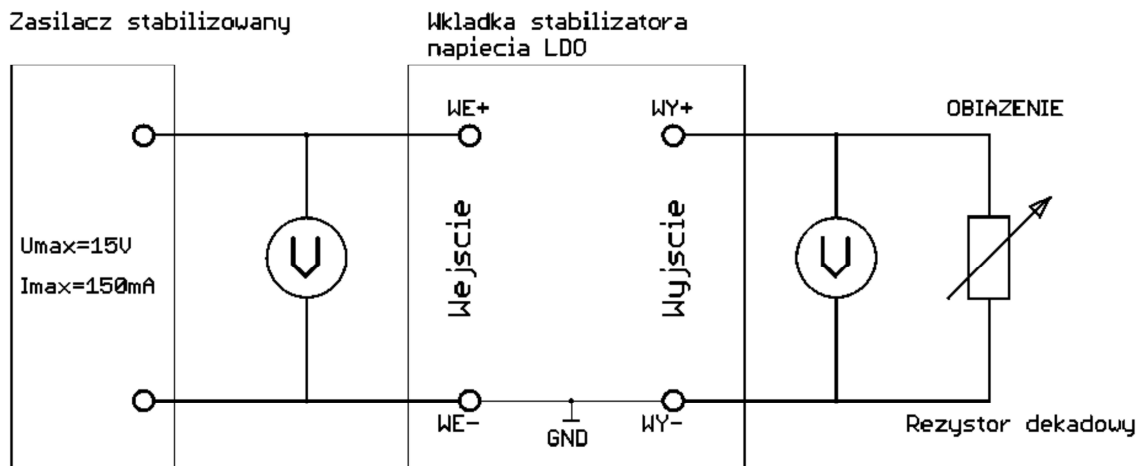
Uwaga! Do dyspozycji wyłącznie rezystory o wartościach: 50Ω, 75Ω, 100Ω, 220Ω, 330Ω, 560Ω, 1kΩ, 3.3 kΩ, 4.7kΩ, 10 kΩ, 15 kΩ, 22 kΩ, 39 kΩ, 56 kΩ, 68 kΩ, 82 kΩ, 100 kΩ, oraz diody D1 o następujących typach – LM385-2.5, LM385-1.2, dioda Zenera 3.6V, 5.1V, 6.2V, 6.8V, 8.2V.

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	$10.0 \pm 0.5V$	$8.0 \pm 3.0mA$	$50 \pm 15mA$
----------------------	-----	-----------------	-----------------	---------------

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



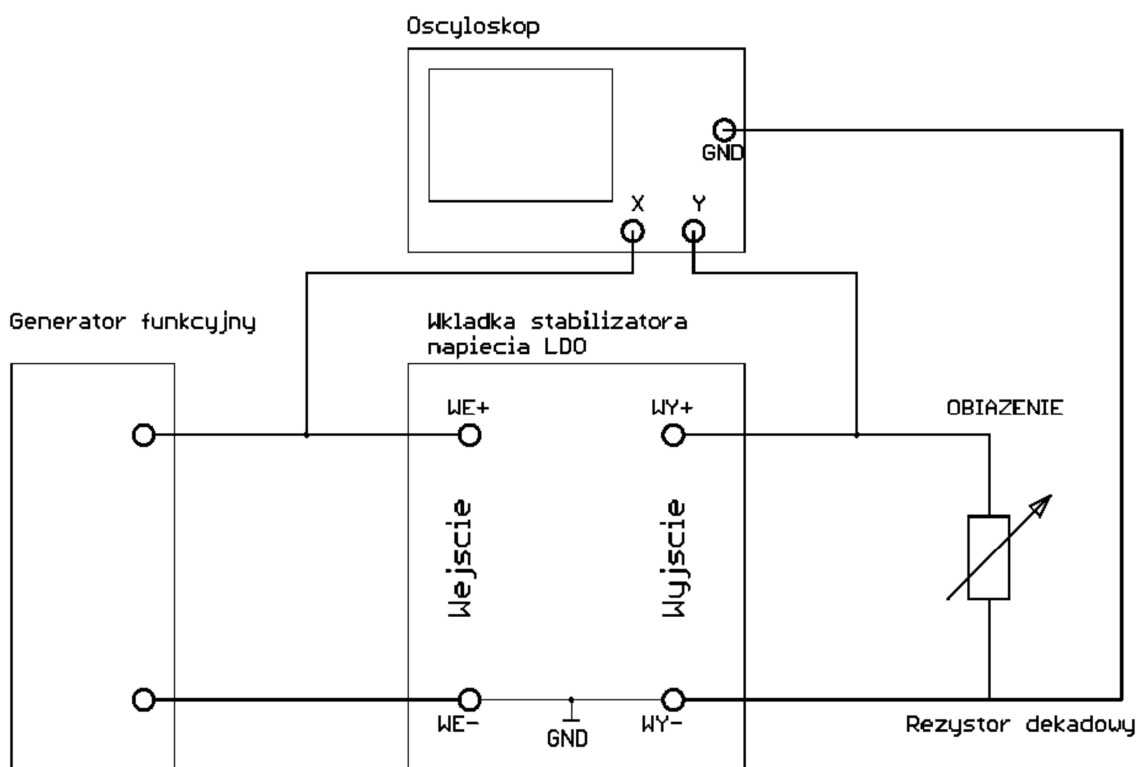
Rys. 8. Schemat połączeń do pomiaru charakterystyki $U_{wyj}=f(U_{wej})$ oraz $U_{wyj}=f(I_{obc})$

Przebieg ćwiczenia:

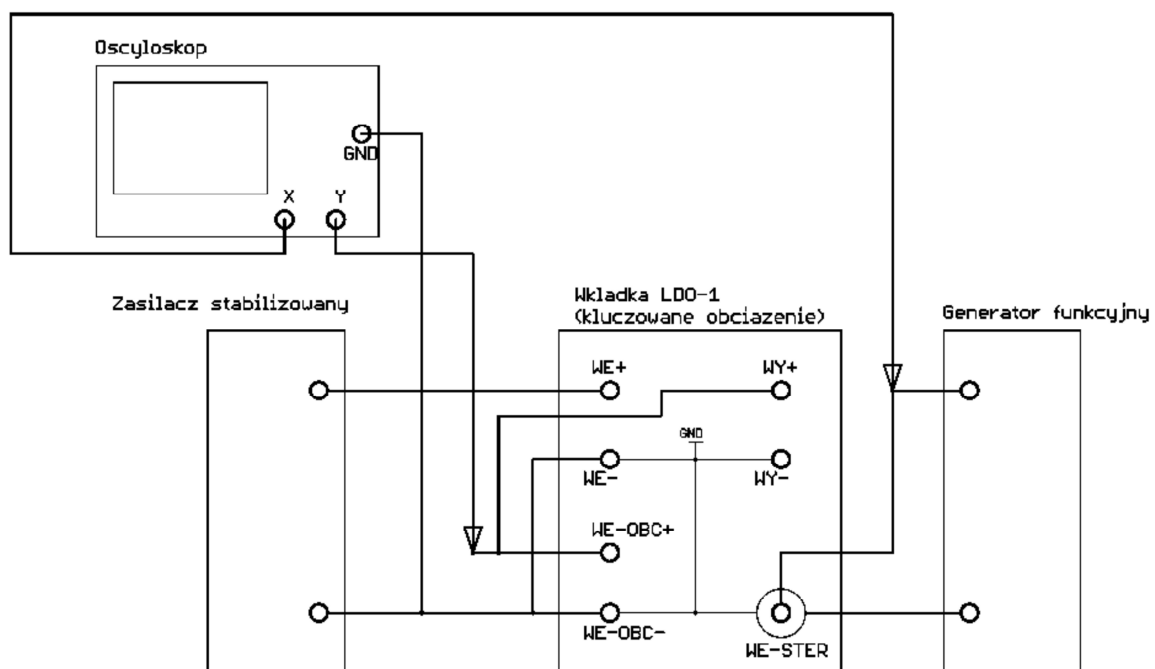
1. zamontować elementy zgodnie z obliczeniami w odpowiednie gniazda,
2. zewrzeć wyprowadzenia 1-2 w przełącznikach P1 i P2,
3. ustawić ograniczenia prądowe zewnętrznego zasilacza na wartość od 100mA do 150mA,
4. wykonać połączenia zgodnie z rysunkiem 8,
5. zmierzyć charakterystykę wyjściową stabilizatora (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,

- zewrzeć 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

STABILIZATORY NAPIĘCIA - ćwiczenie symulacyjne

1. WSTĘP

Niniejsze ćwiczenie ma na celu zapoznać nas z podstawowymi układami i parametrami stabilizatorów napięcia. W pierwszej kolejności poznajemy charakterystykę prądowo-napięciową $U=f(I)$ diody Zenera (napięcie Zenera 5.1V). W następnej kolejności badamy wybrane parametry podstawowego układu stabilizatora napięcia, zbudowanego w oparciu o diodę Zenera. Następnym krokiem jest zaznajomienie się z bardziej rozbudowanym stabilizatorem napięcia typu LDO (ang. *Low Drop Output*) i jego parametrami.

Wszystkie symulacje są zaprojektowane dla programu MULTISIM2001. Wyniki symulacji można będzie zapamiętywać na dyskiecie.

Używane oznaczenia:

I_{wy} – prąd obciążenia stabilizatora

R_{wy} – rezystancja wyjściowa stabilizatora

S_U – współczynnik stabilizacji od zmian napięcia wejściowego

U_F – napięcie diody spolaryzowanej w kierunku przewodzenia

U_{we} – napięcie wejściowe stabilizatora

U_{wy} – napięcie wyjściowe stabilizatora

U_Z – napięcie Zenera diody spolaryzowanej zaporowo

2. PODSTAWOWY UKŁAD Z DIODĄ ZENERA

2.1. Charakterystyka prądowo-napięciowa $I=f(U)$ diody Zenera

Najprostsze stabilizatory napięcia są zbudowane tylko z dwóch elementów: diody Zenera i rezystora. Efekt stabilizacji uzyskuje się dzięki specyficznym własnościom prądowo-napięciowym diody Zenera w obszarze zaporowym. Na początek wyznaczmy charakterystykę prądowo-napięciową $I=f(U)$ diody Zenera. W tym celu otwieramy zbiór symulacyjny o nazwie Zener_5_1_Dioda. Po uruchomieniu symulacji, na oscyloskopie XSC1 jest generowana interesująca nas charakterystyka. Napięcie U zmienia się w zakresie od -5.2V do 0.95V. Na osi X są wartości napięcia U w [V], a na osi Y są wartości prądu I w [mA]. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Następnie przerysować charakterystykę, zachowując jej kształt i najważniejsze punkty odniesienia, czyli wartość napięcia Zenera U_Z oraz wartość napięcia U_F . Dane można również zapamiętać na dyskiecie, otwierając File → Save As. Otrzymaną charakterystykę przerysować do sprawozdania, a następnie wyznaczyć rezystancję dynamiczną diody $r_Z = \Delta U / \Delta I|_{I=-50mA}$.

2.2. Charakterystyka wyjściowa $U_{wy}=f(I_{wy})$

Otworzyć zbiór symulacyjny o nazwie Zener_5_1. Uruchomić symulację. Na oscyloskopie pojawi się charakterystyka wyjściowa $U_{wy}=f(I_{wy})$, przedstawiająca zależność napięcia wyjściowego do wartości prądu obciążenia badanego stabilizatora (napięcie wyjściowe 5.1V). Na osi X są wartości prądu I w [mA] a na osi Y są wartości napięcia U w [V]. Prąd obciążenia I_{wy} zmienia się w zakresie od 0mA do 41mA. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Dane można również zapamiętać na dyskiecie, otwierając File → Save As. Otrzymaną charakterystykę przerysować do

sprawozdania. Należy zauważyć, że stabilizacja występuje tylko dla pewnego przedziału prądów obciążenia I_{wy} (w sprawozdaniu wyjaśnić dlaczego). Wyznaczyć rezystancję wyjściową $R_{wy} = \Delta U_{wy} / \Delta I_{wy} |_{I_{wy}=10mA}$ dla obszaru stabilizacji oraz $R_{wy} = \Delta U_{wy} / \Delta I_{wy} |_{I_{wy}=30mA}$. Dlaczego druga wartość rezystancji jest równa wartości rezystancji rezystora R_1 ?

2.3. Charakterystyka przejściowa $U_{wy}=f(U_{we})$

Otworzyć zbiór symulacyjny o nazwie Zener_5_1_Su. Uruchomić symulację. Na oscyloskopie pojawi się charakterystyka przejściowa $U_{wy}=f(U_{we})$, przedstawiająca zależność napięcia wyjściowego do wartości napięcia wejściowego badanego stabilizatora. Na osi X są wartości napięcia U_{we} w [V] a na osi Y są wartości napięcia U_{wy} w [V]. Napięcia wejściowe U_{we} zmienia się w zakresie od 0V do 10V. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Dane można również zapamiętać na dyskiecie, otwierając File → Save As. Symulację przeprowadzić dla układu bez obciążenia i z obciążeniem, sterowanym klawiszem SPACJA. Otrzymane charakterystyki przerysować do sprawozdania. Należy zauważyć, że układ nieobciążony ma większy zakres napięć wejściowych (w sprawozdaniu wyjaśnić dlaczego). Wyznaczyć wartość współczynnika $S_U = \Delta U_{we} / \Delta U_{wy}$ dla układu z obciążeniem i bez obciążenia. Alternatywną metodą wyznaczania współczynnika S_U jest pomiar składowej zmiennej napięcia wyjściowego, przy zasilaniu wejścia napięciem stałym ze składową zmienną. Otworzyć zbiór symulacyjny o nazwie Zener_5_1_Su_SIN. Skuteczna wartość składowej zmiennej napięcia wejściowego wynosi 1.06V. Uruchomić symulację. Odczytać pomiar wartości skutecznej składowej zmiennej napięcia wyjściowego na multimetrze. Wyliczyć wartość współczynnika S_U dla układu obciążonego i nieobciążonego. Porównać wyniki z poprzednio uzyskanymi.

2.4. Skokowa zmiana obciążenia

Uruchomić zbiór symulacyjny o nazwie Zener_5_1_Dyn_Obc. Zaobserwować zachowanie się napięcia wyjściowego stabilizatora przy skokowej zmianie obciążenia. Skomentować w sprawozdaniu wynik pomiaru.

2.5. Skokowa zmiana napięcia wejściowego

Uruchomić zbiór symulacyjny o nazwie Zener_5_1_Dyn_Uwe. Zaobserwować zachowanie się napięcia wyjściowego stabilizatora przy skokowej zmianie napięcia wejściowego. Pomiar przeprowadzić dla układu obciążonego i nieobciążonego. Amplituda skoku wartości napięcia wejściowego wynosi 1.5V. Skomentować w sprawozdaniu wynik pomiaru.

3. STABILIZATOR LDO

3.1. Charakterystyka wyjściowa $U_{wy}=f(I_{wy})$

Otworzyć zbiór symulacyjny o nazwie LDO_Uwy_Iwy. Uruchomić symulację. Na oscyloskopie pojawi się charakterystyka wyjściowa $U_{wy}=f(I_{wy})$, przedstawiająca zależność napięcia wyjściowego do wartości prądu obciążenia badanego stabilizatora (napięcie wyjściowe 10.2V). Na osi X są wartości prądu I w [mA] a na osi Y są wartości napięcia U w [V]. Prąd obciążenia I_{wy} zmienia się w zakresie od 0A do 820mA. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Dane można również zapamiętać na

dyskietce, otwierając File → Save As. Otrzymaną charakterystykę przerysować do sprawozdania.

3.2. Charakterystyka przejściowa $U_{wy}=f(U_{we})$

Otworzyć zbiór symulacyjny o nazwie LDO_Uwy_Uwe. Uruchomić symulację. Na oscyloskopie pojawi się charakterystyka przejściowa $U_{wy}=f(U_{we})$, przedstawiająca zależność napięcia wyjściowego do wartości napięcia wejściowego badanego stabilizatora. Na osi X są wartości napięcia U_{we} w [V] a na osi Y są wartości napięcia U_{wy} w [V]. Napięcia wejściowe U_{we} zmienia się w zakresie od 0V do 15V. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Dane można również zapamiętać na dyskietce, otwierając File → Save As. Symulację przeprowadzić dla układu bez obciążenia i z obciążeniem, sterowanym klawiszem SPACJA. Otrzymane charakterystyki przerysować do sprawozdania.

3.3. Skokowa zmiana obciążenia

Uruchomić zbiór symulacyjny o nazwie LDO_Dyn_Obc. Zaobserwować zachowanie się napięcia wyjściowego stabilizatora przy skokowej zmianie obciążenia. Skomentować w sprawozdaniu wynik pomiaru.

3.4. Skokowa zmiana napięcia wejściowego

Uruchomić zbiór symulacyjny o nazwie LDO_Dyn_Uwe. Zaobserwować zachowanie się napięcia wyjściowego stabilizatora przy skokowej zmianie napięcia wejściowego. Pomiar przeprowadzić dla układu obciążonego i nieobciążonego. Amplituda skoku wartości napięcia wejściowego wynosi 1.5V. Skomentować w sprawozdaniu wynik pomiaru.

3.5. Regulacja napięcia wyjściowego

Uruchomić zbiór symulacyjny o nazwie LDO_Reg_Nap. Używając klawiszy „a” (suwak w dół) i „A” (suwak w górę) zmieniać rezystancję rezystora R_2 . Każde wciśnięcie powoduje zmianę rezystancji o 250 Ω . Zaobserwować, jak zmienia się napięcie wyjściowe wraz ze zmianą pozycji suwaka. Wyjaśnić powyższy mechanizm regulacji napięcia wyjściowego.

LM185-1.2/LM285-1.2/LM385-1.2 Micropower Voltage Reference Diode

General Description

The LM185-1.2/LM285-1.2/LM385-1.2 are micropower 2-terminal band-gap voltage regulator diodes. Operating over a 10 μ A to 20 mA current range, they feature exceptionally low dynamic impedance and good temperature stability. On-chip trimming is used to provide tight voltage tolerance. Since the LM185-1.2 band-gap reference uses only transistors and resistors, low noise and good long term stability result.

Careful design of the LM185-1.2 has made the device exceptionally tolerant of capacitive loading, making it easy to use in almost any reference application. The wide dynamic operating range allows its use with widely varying supplies with excellent regulation.

The extremely low power drain of the LM185-1.2 makes it useful for micropower circuitry. This voltage reference can be used to make portable meters, regulators or general purpose analog circuitry with battery life approaching shelf life.

Further, the wide operating current allows it to replace older references with a tighter tolerance part.

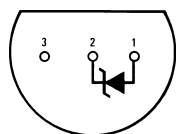
The LM185-1.2 is rated for operation over a -55°C to 125°C temperature range while the LM285-1.2 is rated -40°C to 85°C and the LM385-1.2 0°C to 70°C . The LM185-1.2/LM285-1.2 are available in a hermetic TO-46 package and the LM285-1.2/LM385-1.2 are also available in a low-cost TO-92 molded package, as well as SO and SOT-23. The LM185-1.2 is also available in a hermetic leadless chip carrier package.

Features

- ± 4 mV ($\pm 0.3\%$) max. initial tolerance (A grade)
- Operating current of 10 μ A to 20 mA
- 0.6 Ω max dynamic impedance (A grade)
- Low temperature coefficient
- Low voltage reference—1.235V
- 2.5V device and adjustable device also available
- LM185-2.5 series and LM185 series, respectively

Connection Diagrams

**TO-92
Plastic Package (Z)**

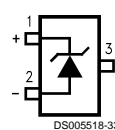


DS005518-10

Bottom View

Order Number LM285Z-1.2,
LM285AZ-1.2, LM285AXZ-1.2,
LM285AYZ-1.2, LM285BXZ-1.2,
LM285BYZ-1.2, LM385Z-1.2,
LM385AZ-1.2, LM385AXZ-1.2,
LM385AYZ-1.2, LM385BZ-1.2,
LM385BXZ-1.2 or LM385BYZ-1.2
See NS Package Number Z03A

SOT23

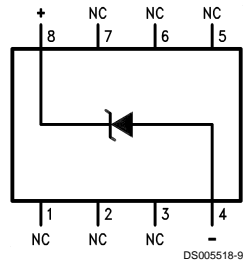


DS005518-33

Order Number LM385M3-1.2
See NS Package Number MA03B

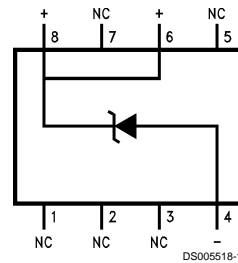
Connection Diagrams (Continued)

SO Package



Order Number LM285M-1.2,
LM285AM-1.2, LM285AXM-1.2,
LM285AYM-1.2, LM285BXM-1.2,
LM285BYM-1.2, LM385M-1.2,
LM385AM-1.2, LM385AXM-1.2,
LM385AYM-1.2, LM385BM-1.2,
LM385BXM-1.2 or LM385BYM-1.2
See NS Package Number M08A

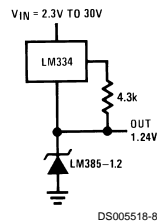
**SO Package
Alternate Pinout**



Order Number LM385SM-1.2,
LM385ASM-1.2 or LM385BSM-1.2
See NS Package Number M08A

Typical Application

**Wide Input
Range Reference**



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 2)

Reverse Current	30 mA
Forward Current	10 mA
Operating Temperature Range (Note 3)	
LM185-1.2	-55°C to +125°C
LM285-1.2	-40°C to +85°C
LM385-1.2	0°C to 70°C

Storage Temperature -55°C to +150°C

Soldering Information

TO-92 package: 10 sec.	260°C
TO-46 package: 10 sec.	300°C
SO and SOT Pkg.	
Vapor phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Conditions	LM285A-1.2 LM285AX-1.2 LM285AY-1.2			LM385A-1.2 LM385AX-1.2 LM385AY-1.2			Units (Limit)
		Typ	Tested Limit (Notes 5, 8)	Design Limit (Note 6)	Typ	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	
Reverse Breakdown Voltage	$I_R = 100 \mu A$	1.235	1.231		1.235	1.231		V(Min)
			1.239			1.239		V(Max)
		1.230		1.220	1.235		1.225	V(Min)
				1.245			1.245	V(Max)
Minimum Operating Current		7	8	10	7	8	10	μA (Max)
Reverse Breakdown Voltage Change with Current	$I_{MIN} \leq I_R \leq 1 \text{ mA}$		1	1.5		1	1.5	mV (Max)
	$1 \text{ mA} \leq I_R \leq 20 \text{ mA}$		10	20		10	20	mV (Max)
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 100 \mu A$, $f = 20 \text{ Hz}$	0.2		0.6 1.5	0.2		0.6 1.5	Ω (Max)
Wideband Noise (rms)	$I_R = 100 \mu A$, $10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	60			60			μV
Long Term Stability	$I_R = 100 \mu A$, $T = 1000 \text{ Hr}$, $T_A = 25^\circ C \pm 0.1^\circ C$	20			20			ppm
Average Temperature Coefficient (Note 7)	$I_{MIN} \leq I_R \leq 20 \text{ mA}$							ppm/°C (Max)
	X Suffix		30			30		
	Y Suffix		50			50		
	All Others			150			150	

Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Conditions	Typ	LM185-1.2 LM185BX-1.2 LM185BY-1.2 LM285-1.2 LM285BX-1.2 LM285BY-1.2		LM385B-1.2 LM385BX-1.2 LM385BY-1.2		LM385-1.2		Units (Limit)
			Tested Limit (Notes 5, 8)	Design Limit (Note 6)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	
Reverse Breakdown Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $10\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 20\ \text{mA}$	1.235	1.223 1.247		1.223 1.247		1.205 1.260		V(Min) V(Max)
Minimum Operating Current	LM385M3-1.2	8	10	20	15	20	15	20	μA (Max)
Reverse Breakdown Voltage Change with Current	$10\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 1\ \text{mA}$		1	1.5	1	1.5	1	1.5	mV (Max)
	$1\ \text{mA} \leq I_R \leq 20\ \text{mA}$		10	20	20	25	20	25	mV (Max)
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 100\ \mu\text{A}$, $f = 20\ \text{Hz}$	1							Ω
Wideband Noise (rms)	$I_R = 100\ \mu\text{A}$, $10\ \text{Hz} \leq f \leq 10\ \text{kHz}$	60							μV
Long Term Stability	$I_R = 100\ \mu\text{A}$, $T = 1000\ \text{Hr}$, $T_A = 25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$	20							ppm
Average Temperature Coefficient (Note 7)	$I_R = 100\ \mu\text{A}$								
	X Suffix		30		30				ppm/ $^\circ\text{C}$
	Y Suffix		50		50				ppm/ $^\circ\text{C}$
	All Others			150		150		150	ppm/ $^\circ\text{C}$ (Max)

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics. The guaranteed specifications apply only for the test conditions listed.

Note 2: Refer to RETS185H-1.2 for military specifications.

Note 3: For elevated temperature operation, T_J max is:

LM185 150 $^\circ\text{C}$

LM285 125 $^\circ\text{C}$

LM385 100 $^\circ\text{C}$

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8	SOT23
θ_{JA} (junction to ambient)	180 $^\circ\text{C}/\text{W}$ (0.4" leads) 170 $^\circ\text{C}/\text{W}$ (0.125" leads)	440 $^\circ\text{C}/\text{W}$	165 $^\circ\text{C}/\text{W}$	283 $^\circ\text{C}/\text{W}$
θ_{JC} (junction to case)	N/A	80 $^\circ\text{C}/\text{W}$	N/A	N/A

Note 4: Parameters identified with boldface type apply at temperature extremes. All other numbers apply at $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$.

Note 5: Guaranteed and 100% production tested.

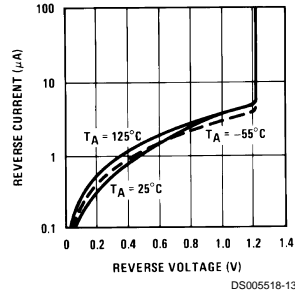
Note 6: Guaranteed, but not 100% production tested. These limits are not used to calculate average outgoing quality levels.

Note 7: The average temperature coefficient is defined as the maximum deviation of reference voltage at all measured temperatures between the operating T_{MAX} and T_{MIN} , divided by $T_{MAX} - T_{MIN}$. The measured temperatures are -55°C , -40°C , 0°C , 25°C , 70°C , 85°C , 125°C .

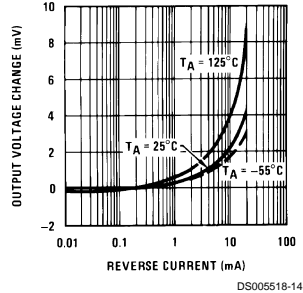
Note 8: A military RETS electrical specification is available on request.

Typical Performance Characteristics

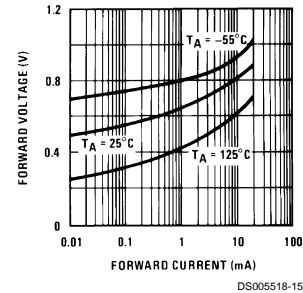
Reverse Characteristics



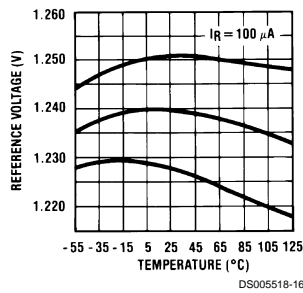
Reverse Characteristics



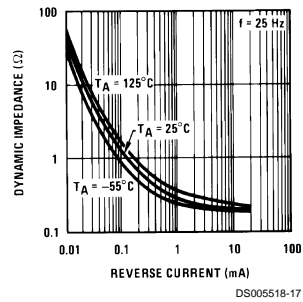
Forward Characteristics



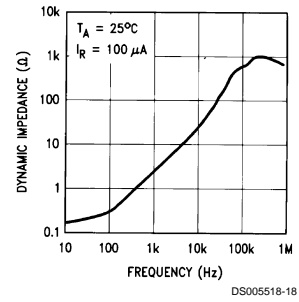
Temperature Drift of 3 Representative Units



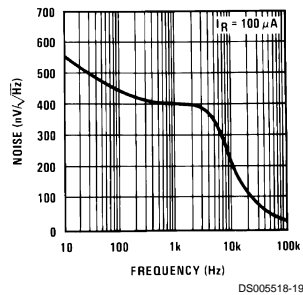
Reverse Dynamic Impedance



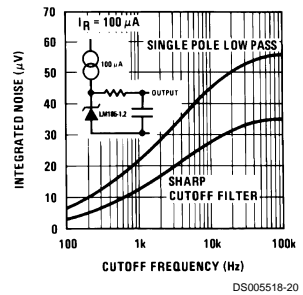
Reverse Dynamic Impedance



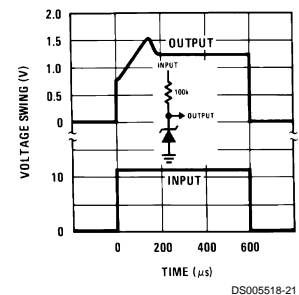
Noise Voltage



Filtered Output Noise

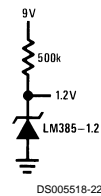


Response Time

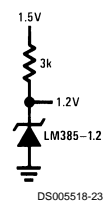


Typical Applications

Micropower Reference from 9V Battery

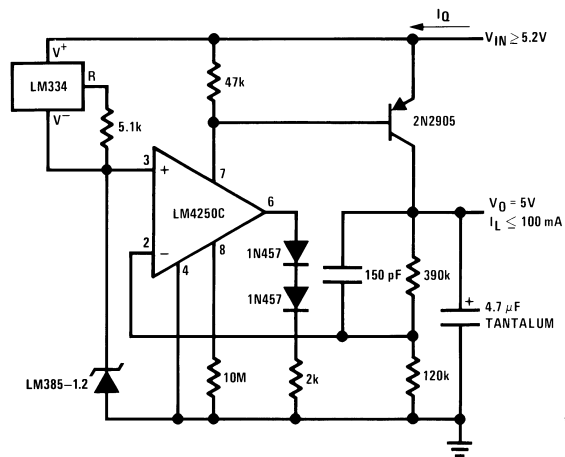


Reference from 1.5V Battery



Typical Applications (Continued)

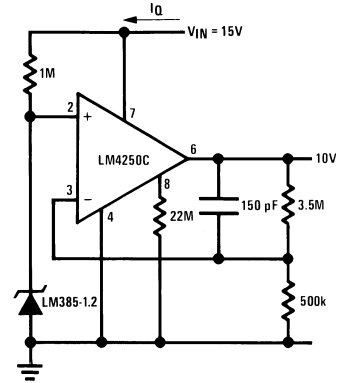
Micropower* 5V Regulator



* $I_Q \approx 30 \mu A$

DS005518-24

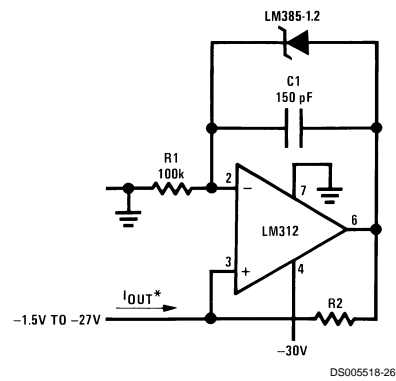
Micropower* 10V Reference



* $I_Q \approx 20 \mu A$ standby current

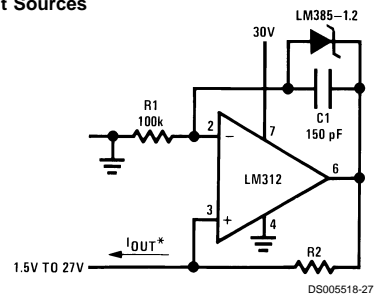
DS005518-25

Precision 1 µA to 1 mA Current Sources



DS005518-26

$$*I_{OUT} = \frac{1.23V}{R2}$$

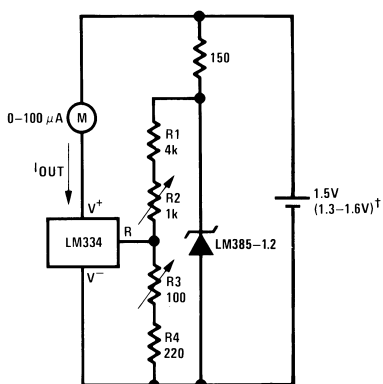


DS005518-27

Typical Applications (Continued)

METER THERMOMETERS

0°C–100°C Thermometer

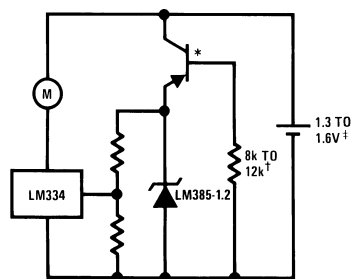


DS005518-28

Calibration

1. Short LM385-1.2, adjust R3 for I_{OUT} = temp at 1 $\mu A/^{\circ}K$
 2. Remove short, adjust R2 for correct reading in centigrade
- $\dagger I_Q$ at 1.3V \approx 500 μA
 I_Q at 1.6V \approx 2.4 mA

Lower Power Thermometer



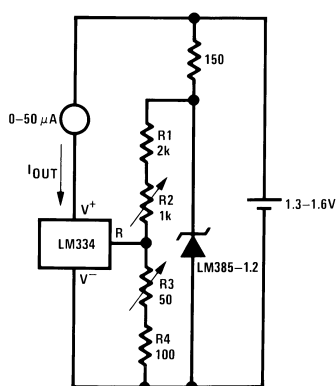
DS005518-29

*2N3638 or 2N2907 select for inverse $H_{FE} \approx 5$

\dagger Select for operation at 1.3V

$\ddagger I_Q \approx$ 600 μA to 900 μA

0°F–50°F Thermometer

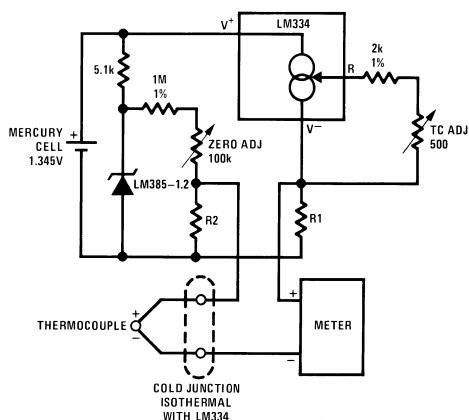


DS005518-30

Calibration

1. Short LM385-1.2, adjust R3 for I_{OUT} = temp at 1.8 $\mu A/^{\circ}K$
2. Remove short, adjust R2 for correct reading in $^{\circ}F$

Micropower Thermocouple Cold Junction Compensator



DS005518-31

Adjustment Procedure

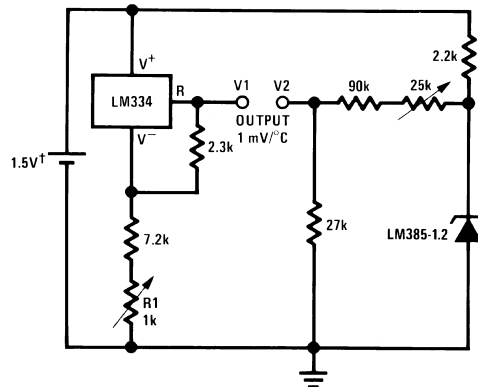
1. Adjust TC ADJ pot until voltage across R1 equals Kelvin temperature multiplied by the thermocouple Seebeck coefficient.
2. Adjust zero ADJ pot until voltage across R2 equals the thermocouple Seebeck coefficient multiplied by 273.2.

Thermocouple Type	Seebeck Coefficient ($\mu V/^{\circ}C$)	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Voltage Across R1 @ 25°C (mV)	Voltage Across R2 (mV)
J	52.3	523	1.24k	15.60	14.32
T	42.8	432	1k	12.77	11.78
K	40.8	412	953 Ω	12.17	11.17
S	6.4	63.4	150 Ω	1.908	1.766

Typical supply current 50 μA

Typical Applications (Continued)

Centigrade Thermometer

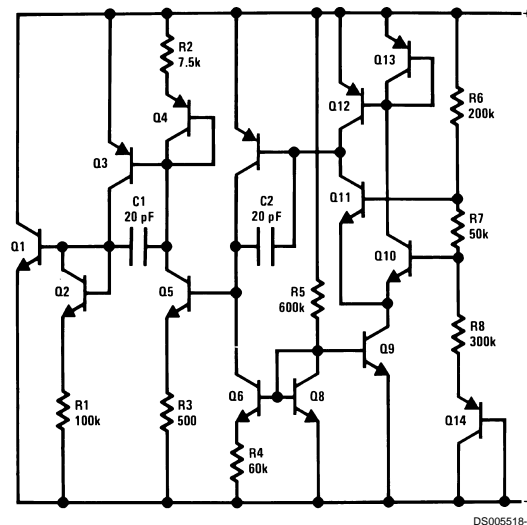


DS005518-1

Calibration

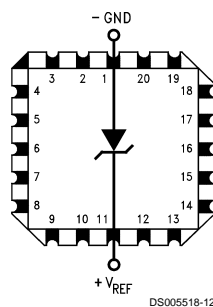
1. Adjust R1 so that $V_1 = \text{temp}$ at $1 \text{ mV}/^\circ\text{K}$
 2. Adjust V2 to 273.2 mV
- I_Q for 1.3V to 1.6V battery voltage = $50 \mu\text{A}$ to $150 \mu\text{A}$

Schematic Diagram



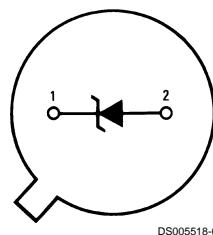
DS005518-7

Connection Diagrams



Order Number LM185E-1.2/883
See NS Package Number E20A

TO-46
Metal Can Package (H)

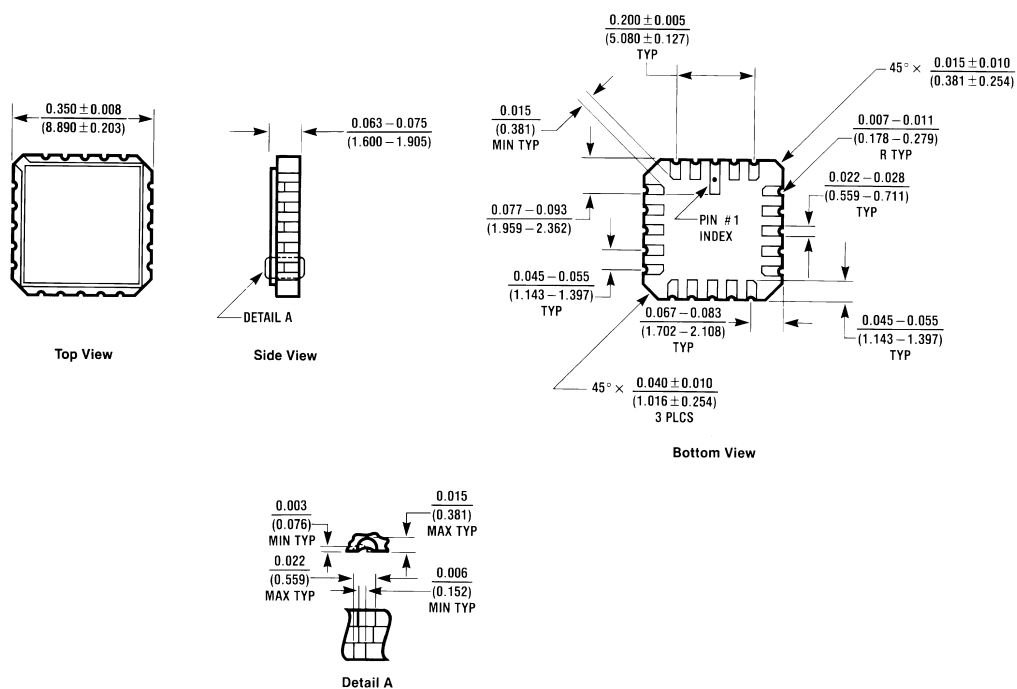


Bottom View

Order Number LM185H-1.2, LM185H-1.2/883,
LM185BXH-1.2, LM185BYH-1.2/883, LM285H-1.2,
LM285BXH-1.2 or LM285BYH-1.2
See NS Package Number H02A



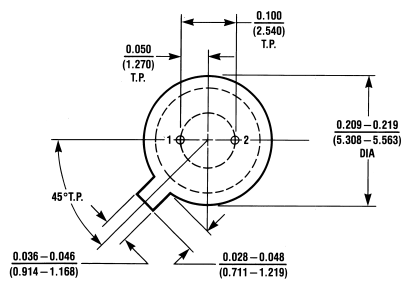
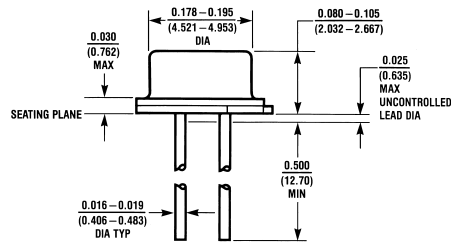
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Order Number LM185E-1.2/883
NS Package Number E20A

E20A (REV D)

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

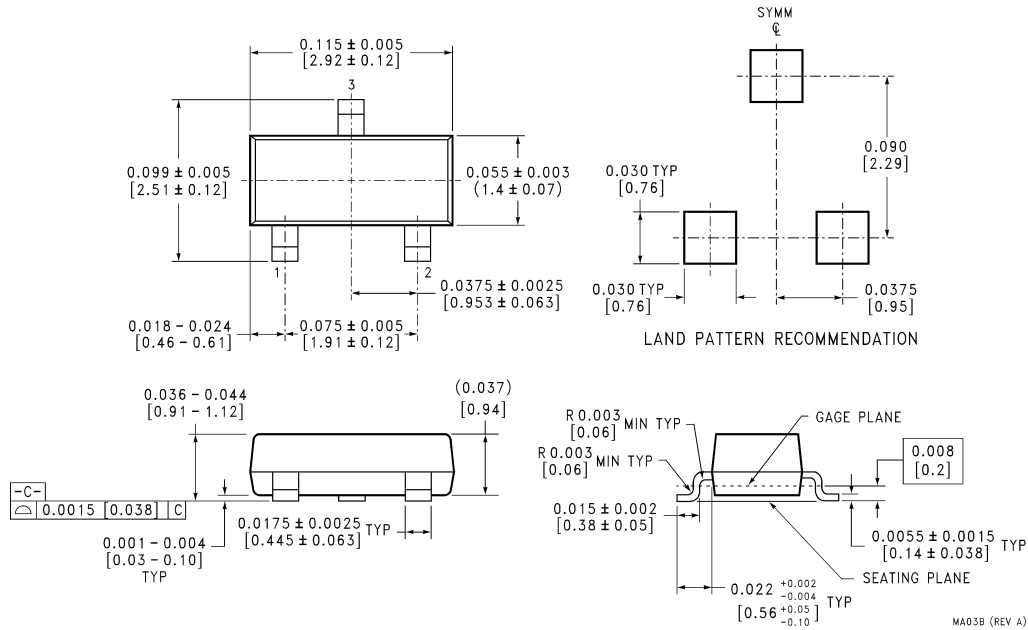


H02A (REV C)

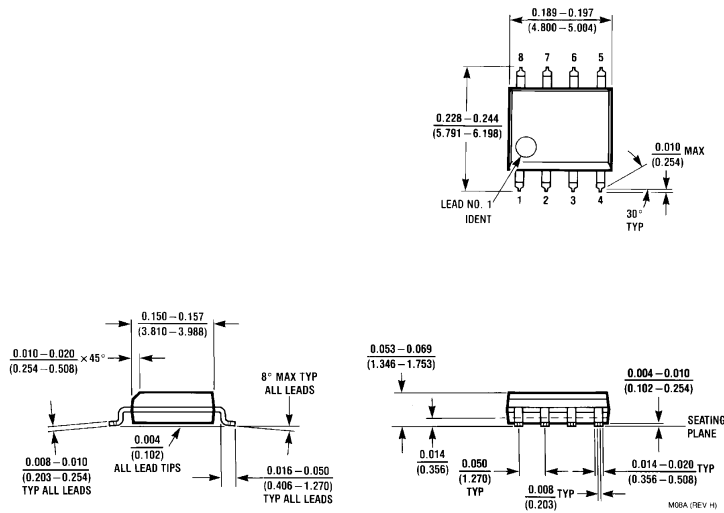
TO-46 Metal Can Package (H)

Order Number LM185H-1.2, LM185H-1.2/883, LM185BXH-1.2, LM285H-1.2, LM285BXH-1.2 or LM285BYH-1.2
NS Package Number H02A

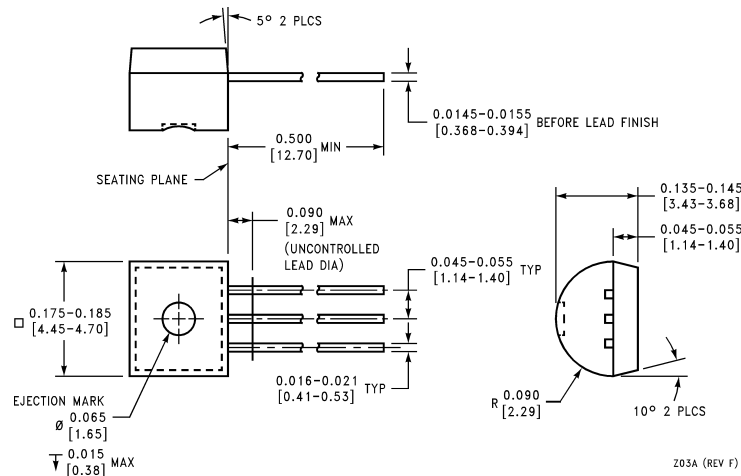
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



SOT-23 Package (M3)
Order Number LM385M3-1.2
NS Package Number MA03B



Small Outline (SO-8) Package
Order Number LM285M-1.2, LM285AM-1.2, LM285AXM-1.2, LM285AYM-1.2, LM285BXM-1.2, LM285BYM-1.2, LM385M-1.2, LM385AM-1.2, LM385AXM-1.2, LM385AYM-1.2, LM385BM-1.2, LM385BXM-1.2, LM385BYM-1.2, LM385SM-1.2, LM385ASM-1.2 or LM385BSM-1.2
NS Package Number M08A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)**TO-92 Plastic Package (Z)**

Order Number LM285Z-1.2, LM285AZ-1.2, LM285AXZ-1.2, LM285AYZ-1.2,
LM285BXZ-1.2, LM285BYZ-1.2, LM385Z-1.2, LM385AZ-1.2, LM385AXZ-1.2,
LM385AYZ-1.2, LM385BZ-1.2, LM385BXZ-1.2 or LM385BYZ-1.2
NS Package Number Z03A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5620-6175
Fax: 81-3-5620-6179

LM185-2.5/LM285-2.5/LM385-2.5 Micropower Voltage Reference Diode

General Description

The LM185-2.5/LM285-2.5/LM385-2.5 are micropower 2-terminal band-gap voltage regulator diodes. Operating over a 20 μ A to 20 mA current range, they feature exceptionally low dynamic impedance and good temperature stability. On-chip trimming is used to provide tight voltage tolerance. Since the LM-185-2.5 band-gap reference uses only transistors and resistors, low noise and good long term stability result.

Careful design of the LM185-2.5 has made the device exceptionally tolerant of capacitive loading, making it easy to use in almost any reference application. The wide dynamic operating range allows its use with widely varying supplies with excellent regulation.

The extremely low power drain of the LM185-2.5 makes it useful for micropower circuitry. This voltage reference can be used to make portable meters, regulators or general purpose analog circuitry with battery life approaching shelf life. Further, the wide operating current allows it to replace older references with a tighter tolerance part. For applications requiring 1.2V see LM185-1.2.

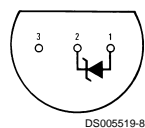
The LM185-2.5 is rated for operation over a -55°C to 125°C temperature range while the LM285-2.5 is rated -40°C to 85°C and the LM385-2.5 0°C to 70°C . The LM185-2.5/LM285-2.5 are available in a hermetic TO-46 package and the LM285-2.5/LM385-2.5 are also available in a low-cost TO-92 molded package, as well as S.O. and SOT-23. The LM185-2.5 is also available in a hermetic leadless chip carrier package.

Features

- ± 20 mV ($\pm 0.8\%$) max. initial tolerance (A grade)
- Operating current of 20 μ A to 20 mA
- 0.6 Ω dynamic impedance (A grade)
- Low temperature coefficient
- Low voltage reference—2.5V
- 1.2V device and adjustable device also available—LM185-1.2 series and LM185 series, respectively

Connection Diagrams

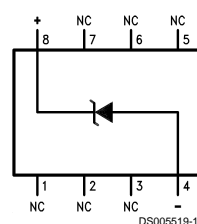
**TO-92
Plastic Package**



Bottom View

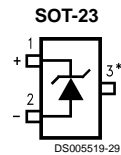
Order Number LM285Z-2.5,
LM285AZ-2.5, LM285AXZ-2.5,
LM285AYZ-2.5, LM285BXZ-2.5,
LM285BYZ-2.5, LM385Z-2.5,
LM385AZ-2.5, LM385AXZ-2.5,
LM385AYZ-2.5, LM385BZ-2.5,
LM385BXZ-2.5 or LM385BYZ-2.5
See NS Package Number Z03A

SO Package



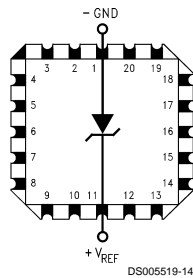
Order Number LM285M-2.5,
LM285AM-2.5, LM285AXM-2.5,
LM285AYM-2.5, LM285BXM-2.5,
LM285BYM-2.5, LM385M-2.5,
LM385AM-2.5, LM385AXM-2.5,
LM385AYM-2.5, LM385BM-2.5,
LM385BXM-2.5 or LM385BYM-2.5
See NS Package Number M08A

Connection Diagrams (Continued)



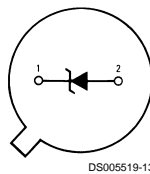
Order Number LM385M3-2.5
See NS Package Number MA03B

LCC Leadless Chip Carrier



Order Number LM185E-2.5/883
See NS Package Number E20A

TO-46 Metal Can Package



Bottom View

Order Number LM185H-2.5,
LM185H-2.5/883, LM185BXH-2.5,
LM185BXH-2.5/883, LM185BYH-2.5,
LM185BYH2.5/883, LM285H-2.5,
LM285BXH-2.5 or LM285BYH-2.5
See NS Package Number H02A

Absolute Maximum Ratings (Notes 2, 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Reverse Current	30 mA
Forward Current	10 mA
Operating Temperature Range (Note 3)	
LM185-2.5	-55°C to + 125°C
LM285-2.5	-40°C to + 85°C
LM385-2.5	0°C to 70°C

Storage Temperature -55°C to + 150°C

Soldering Information

TO-92 Package (10 sec.)	260°C
TO-46 Package (10 sec.)	300°C
SO and SOT Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics

(Note 4)

Parameter	Conditions	Typ	LM285A-2.5 LM285AX-2.5 LM285AY-2.5		LM385A-2.5 LM385AX-2.5 LM385AY-2.5		Units (Limits)
			Tested Limit (Note 5) (Note 8)	Design Limit (Note 6)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	
Reverse Breakdown Voltage	$I_R = 100 \mu A$	2.500	2.480 2.520		2.480 2.520		V(Min) V(Max) V(Min) V(Max)
		2.500		2.460 2.535		2.470 2.530	
Minimum Operating Current		12	18	20	18	20	μA (Max)
Reverse Breakdown Voltage Change with Current	$I_{MIN} \leq I_R \leq 1 mA$		1	1.5	1	1.5	mV (Max)
	$1 mA \leq I_R \leq 20 mA$		10	20	10	20	mV (Max)
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 100 \mu A$, $f = 20 Hz$	0.2		0.6 1.5		0.6 1.5	Ω
Wideband Noise (rms)	$I_R = 100 \mu A$ $10 Hz \leq f \leq 10 kHz$	120					μV
Long Term Stability	$I_R = 100 \mu A$, $T = 1000 Hr$, $T_A = 25^\circ C \pm 0.1^\circ C$	20					ppm
Average Temperature Coefficient (Note 7)	$I_{MIN} \leq I_R \leq 20 mA$						
	X Suffix		30		30		ppm/°C
	Y Suffix		50		50		(Max)
	All Others			150		150	

Electrical Characteristics (Continued)

Parameter	Conditions	Typ	LM185-2.5 LM185BX-2.5 LM185BY-2.5 LM285-2.5 LM285BX-2.5 LM285BY-2.5		LM385B-2.5 LM385BX-2.5 LM385BY-2.5		LM385-2.5		Units (Limit)
			Tested Limit (Note 5) (Note 8)	Design Limit (Note 6)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	Tested Limit (Note 5)	Design Limit (Note 6)	
Reverse Breakdown Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $20\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 20\ \text{mA}$	2.5	2.462 2.538		2.462 2.538		2.425 2.575		V(Min) V(Max)
Minimum Operating Current		13	20	30	20	30	20	30	μA (Max)
Reverse Breakdown Voltage Change with Current	LM385M3-2.5						15	20	
	$20\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 1\ \text{mA}$		1	1.5	2.0	2.5	2.0	2.5	mV (Max)
	$1\ \text{mA} \leq I_R \leq 20\ \text{mA}$		10	20	20	25	20	25	mV (Max)
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 100\ \mu\text{A}$, $f = 20\ \text{Hz}$	1							Ω
Wideband Noise (rms)	$I_R = 100\ \mu\text{A}$, $10\ \text{Hz} \leq f \leq 10\ \text{kHz}$	120							μV
Long Term Stability	$I_R = 100\ \mu\text{A}$, $T = 1000\ \text{Hr}$, $T_A = 25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$	20							ppm
Average Temperature Coefficient (Note 7)	$I_R = 100\ \mu\text{A}$								
	X Suffix		30		30				ppm/ $^\circ\text{C}$
	Y Suffix		50		50				ppm/ $^\circ\text{C}$
	All Others			150		150		150	ppm/ $^\circ\text{C}$ (Max)

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics. The guaranteed specifications apply only for the test conditions listed.

Note 2: Refer to RETS185H-2.5 for military specifications.

Note 3: For elevated temperature operation, $T_{J\ \text{MAX}}$ is:

LM185 150°C

LM285 125°C

LM385 100°C

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8	SOT-23
θ_{JA} (Junction to Ambient)	180°C/W (0.4" Leads) 170°C/W (0.125" Leads)	440°C/W	165°C/W	283°C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	80°C/W	N/A	N/A

Note 4: Parameters identified with boldface type apply at temperature extremes. All other numbers apply at $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$.

Note 5: Guaranteed and 100% production tested.

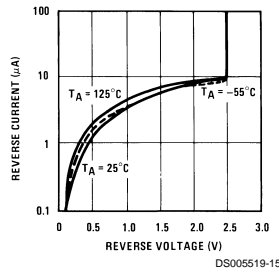
Note 6: Guaranteed, but not 100% production tested. These limits are not used to calculate average outgoing quality levels.

Note 7: The average temperature coefficient is defined as the maximum deviation of reference voltage at all measured temperatures between the operating T_{MAX} and T_{MIN} , divided by $T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}}$. The measured temperatures are -55°C , -40°C , 0°C , 25°C , 70°C , 85°C , 125°C .

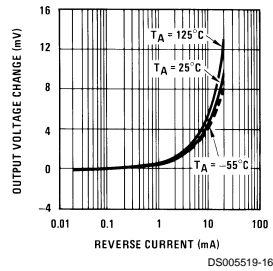
Note 8: A military RETS electrical specification available on request.

Typical Performance Characteristics

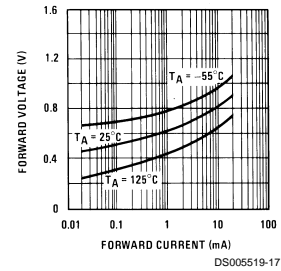
Reverse Characteristics



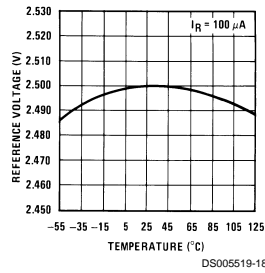
Reverse Characteristics



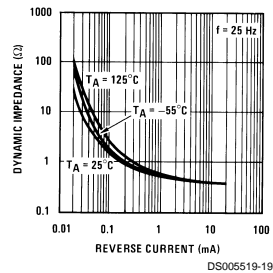
Forward Characteristics



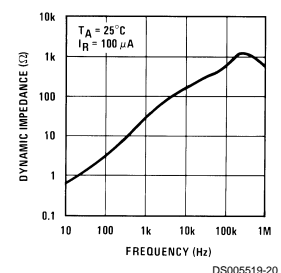
Temperature Drift



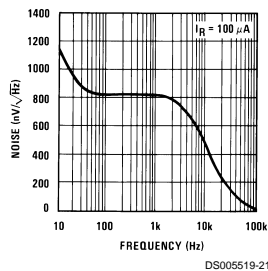
Reverse Dynamic Impedance



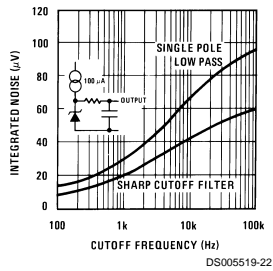
Reverse Dynamic Impedance



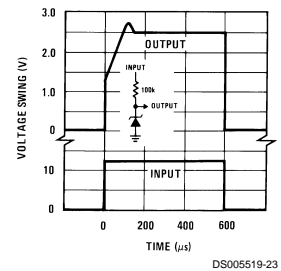
Noise Voltage



Filtered Output Noise

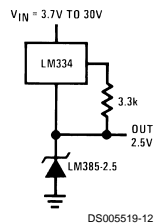


Response Time

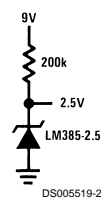


Applications

Wide Input Range Reference

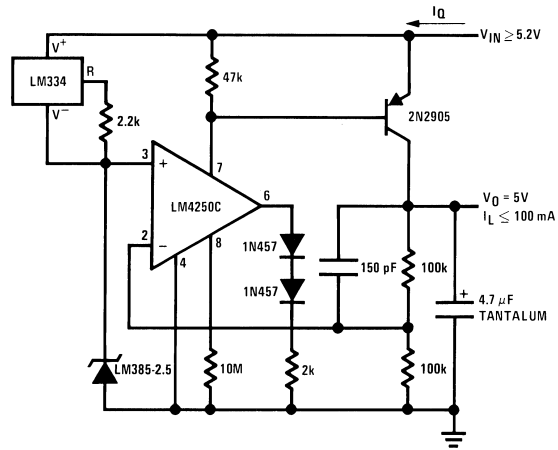


Micropower Reference from 9V Battery



LM385-2.5 Applications

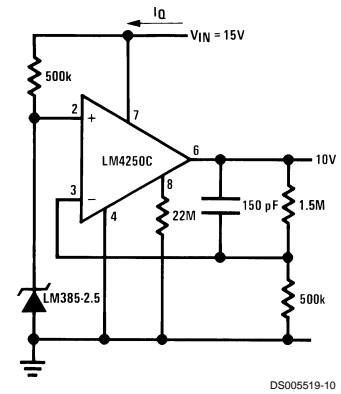
Micropower 5V Reference (Note 9)



Note 9: $I_Q \cong 40 \mu\text{A}$

DS005519-9

Micropower 10V Reference (Note 10)

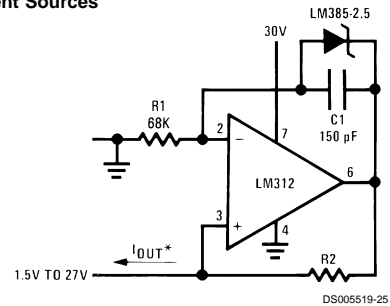
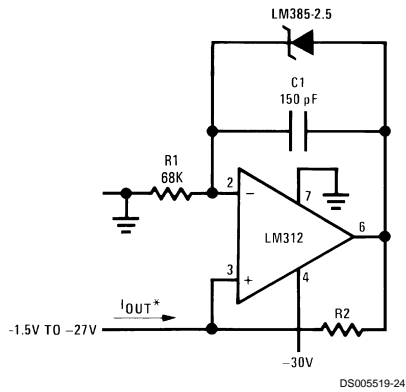


Note 10: $I_Q \cong 30 \mu\text{A}$ standby current

DS005519-10

LM385-2.5 Applications (Continued)

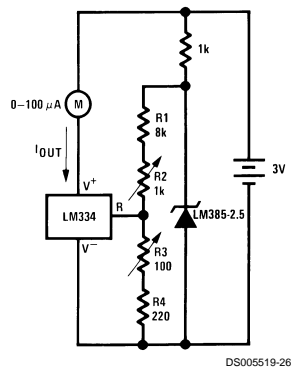
Precision 1 μA to 1 mA Current Sources



$$I_{OUT}^* = \frac{2.5V}{R2}$$

METER THERMOMETERS

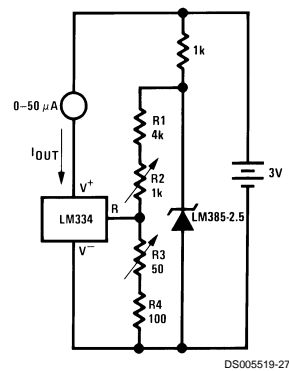
0°C–100°C Thermometer



Calibration

1. Short LM385-2.5, adjust R3 for I_{OUT} =temp at 1 $\mu\text{A}/^\circ\text{K}$
2. Remove short, adjust R2 for correct reading in centigrade

0°F–50°F Thermometer

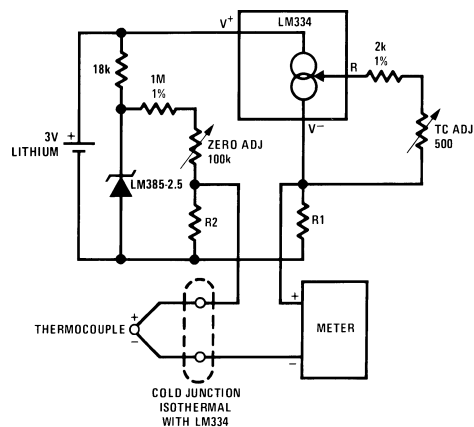


Calibration

1. Short LM385-2.5, adjust R3 for I_{OUT} =temp at 1.8 $\mu\text{A}/^\circ\text{K}$
2. Remove short, adjust R2 for correct reading in $^\circ\text{F}$

LM385-2.5 Applications (Continued)

Micropower Thermocouple Cold Junction Compensator



DS005519-6

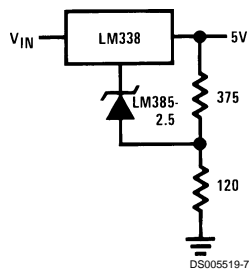
Adjustment Procedure

1. Adjust TC ADJ pot until voltage across R1 equals Kelvin temperature multiplied by the thermocouple Seebeck coefficient.
2. Adjust zero ADJ pot until voltage across R2 equals the thermocouple Seebeck coefficient multiplied by 273.2.

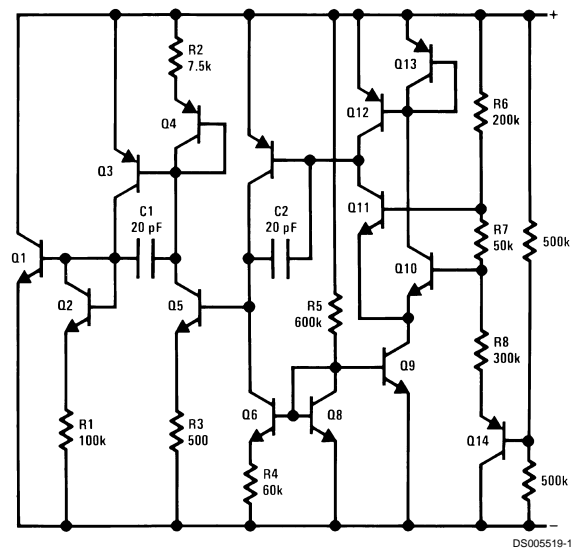
Thermocouple Type	Seebeck Co-efficient ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Voltage Across R1 @25°C (mV)	Voltage Across R2 (mV)
J	52.3	523	1.24k	15.60	14.32
T	42.8	432	1k	12.77	11.78
K	40.8	412	953 Ω	12.17	11.17
S	6.4	63.4	150 Ω	1.908	1.766

Typical supply current 50 μA

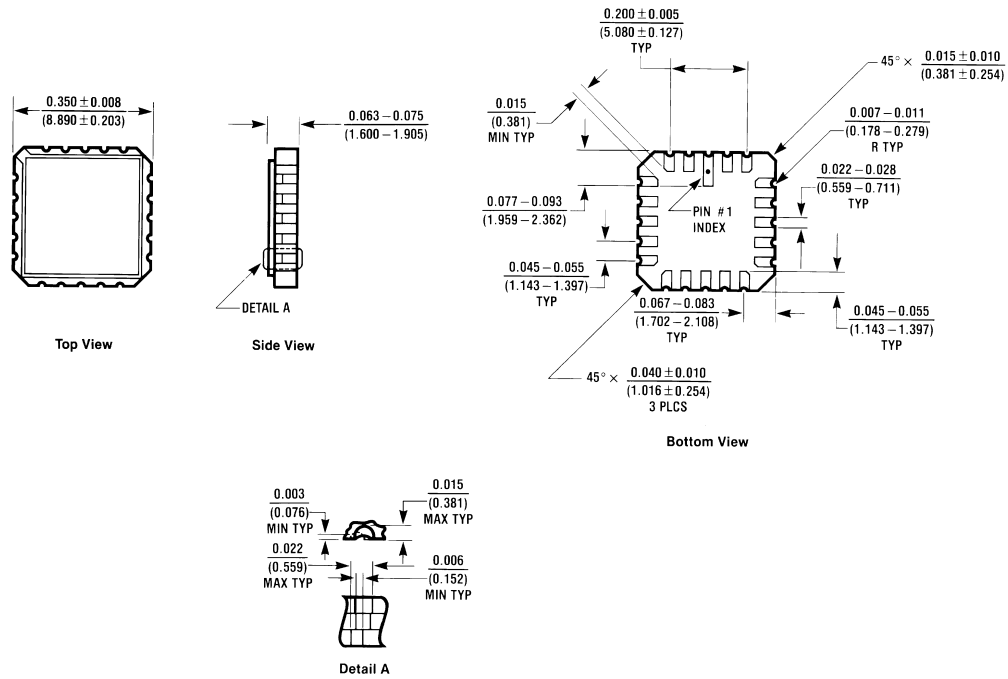
Improving Regulation of Adjustable Regulators



Schematic Diagram



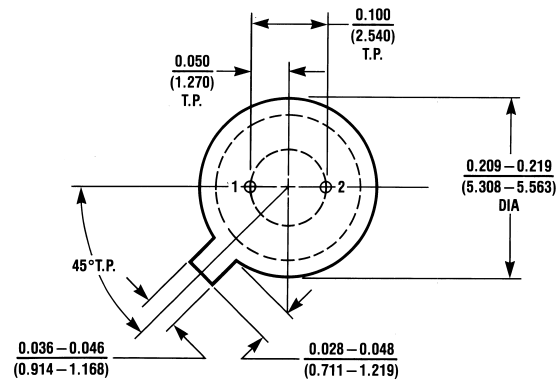
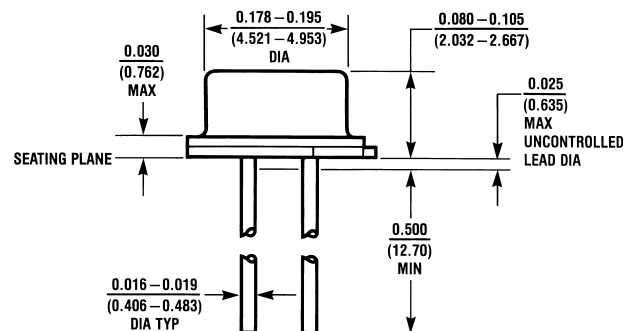
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



E20A (REV D)

Order Number LM185E-2.5/883
NS Package Number E20A

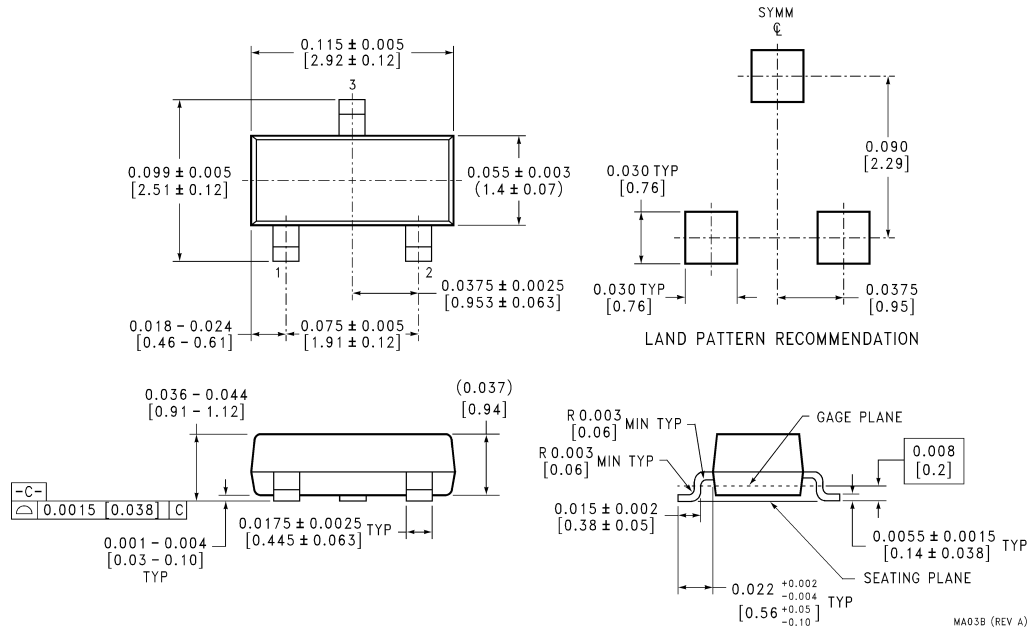
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



H02A (REV C)

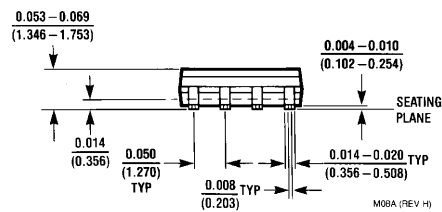
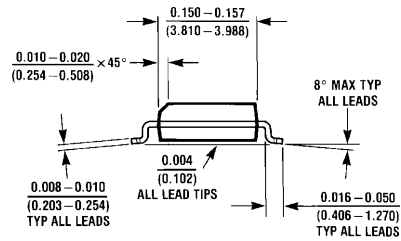
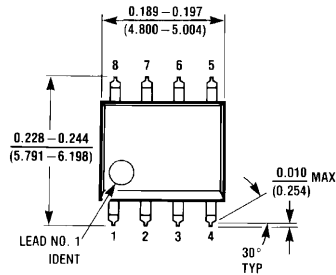
TO-46 Metal Can Package (H)
Order Number LM185H-2.5, LM185H-2.5/883, LM185BXH-2.5, LM185BXH-2.5/883,
LM185BYH-2.5, LM185BYH-2.5/883, LM285H-2.5, LM285BXH-2.5 or LM285BYH-2.5
NS Package Number H02A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

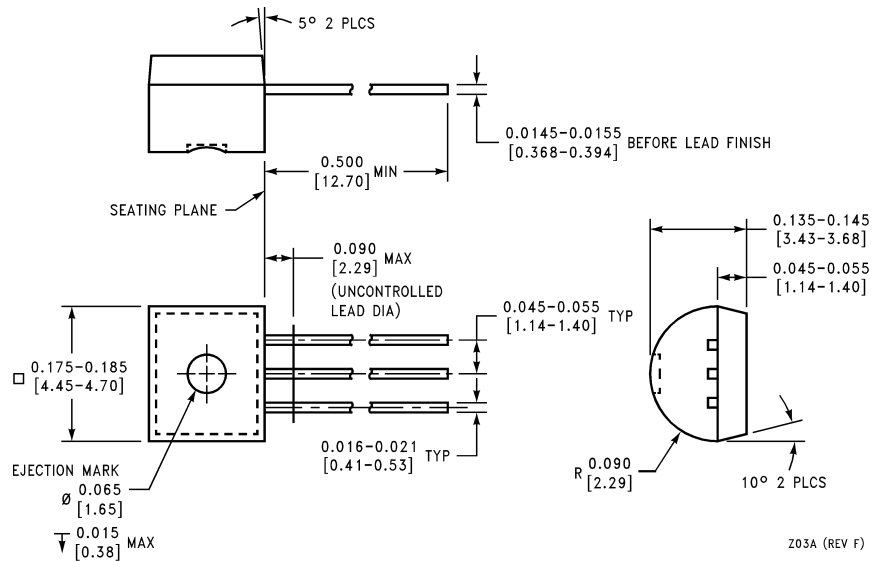


SOT-23 Package (M3)
Order Number LM385M3-2.5
NS Package Number MA03B

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Small Outline (SO-8) Package (M)
Order Number LM285M-2.5, LM285AM-2.5, LM285AXM-2.5, LM285AYM-2.5,
LM285BXM-2.5, LM285BYM-2.5, LM385M-2.5, LM385AM-2.5, LM385AXM-2.5,
LM385AYM-2.5, LM385BM-2.5, LM385BXM-2.5 or LM385BYM-2.5
NS Package Number M08A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5620-6175
Fax: 81-3-5620-6179

TL431, TL431A ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

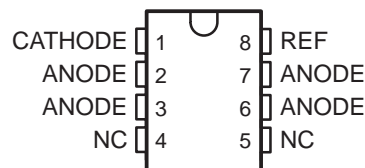
- Equivalent Full-Range Temperature Coefficient . . . 30 ppm/°C
- 0.2-Ω Typical Output Impedance
- Sink-Current Capability . . . 1 mA to 100 mA
- Low Output Noise
- Adjustable Output Voltage . . . V_{ref} to 36 V
- Available in a Wide Range of High-Density Packages

description

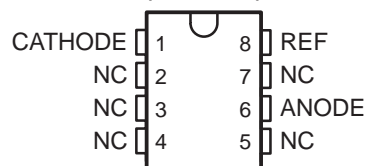
The TL431 and TL431A are three-terminal adjustable shunt regulators with specified thermal stability over applicable automotive, commercial, and military temperature ranges. The output voltage can be set to any value between V_{ref} (approximately 2.5 V) and 36 V, with two external resistors (see Figure 17). These devices have a typical output impedance of 0.2 Ω. Active output circuitry provides a very sharp turn-on characteristic, making these devices excellent replacements for Zener diodes in many applications, such as onboard regulation, adjustable power supplies, and switching power supplies.

The TL431C and TL431AC are characterized for operation from 0°C to 70°C, and the TL431I and TL431AI are characterized for operation from –40°C to 85°C.

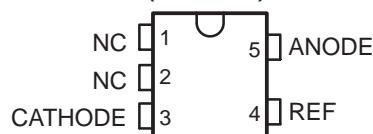
**D PACKAGE
(TOP VIEW)**



**P OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)**

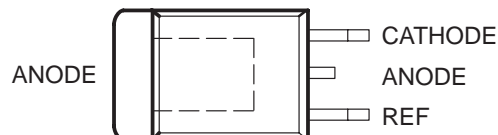


**DBV PACKAGE
(TOP VIEW)**

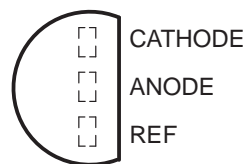


NC – No internal connection

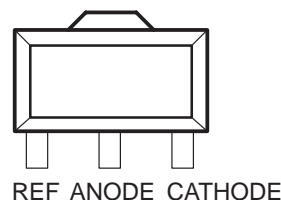
**KTP PACKAGE
(TOP VIEW)**



**LP PACKAGE
(TOP VIEW)**



**PK PACKAGE
(TOP VIEW)**



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2000, Texas Instruments Incorporated

TL431, TL431A

ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

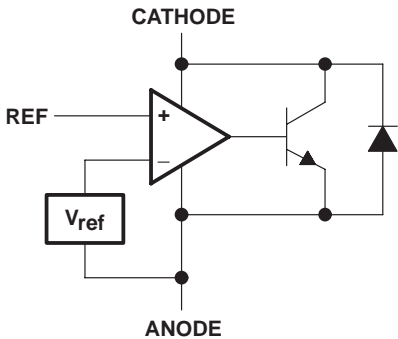
AVAILABLE OPTIONS							
T _A	PACKAGED DEVICES						
	SMALL-OUTLINE (D)	SOT-23 (DBV)	PLASTIC FLANGE MOUNT (KTP)	TO-226AA (LP)	PLASTIC DIP (P)	PLASTIC SHRINK SMALL-OUTLINE (PW)	SOT-89 (PK)
0°C to 70°C	TL431CD TL431ACD	TL431CDBVR	TL431CKTPR	TL431CLP TL431ACL	TL431CP TL431ACP	TL431CPWR TL431ACPWR	TL431CPKR
–40°C to 85°C	TL431ID TL431AID			TL431ILP TL431AILP	TL431IP TL431AIP		TL431IPKR

The D, LP, and PW packages are available taped and reeled. The DBV, KTP, and PK packages are only available taped and reeled. Add the suffix R to device type (e.g., TL431CDR).

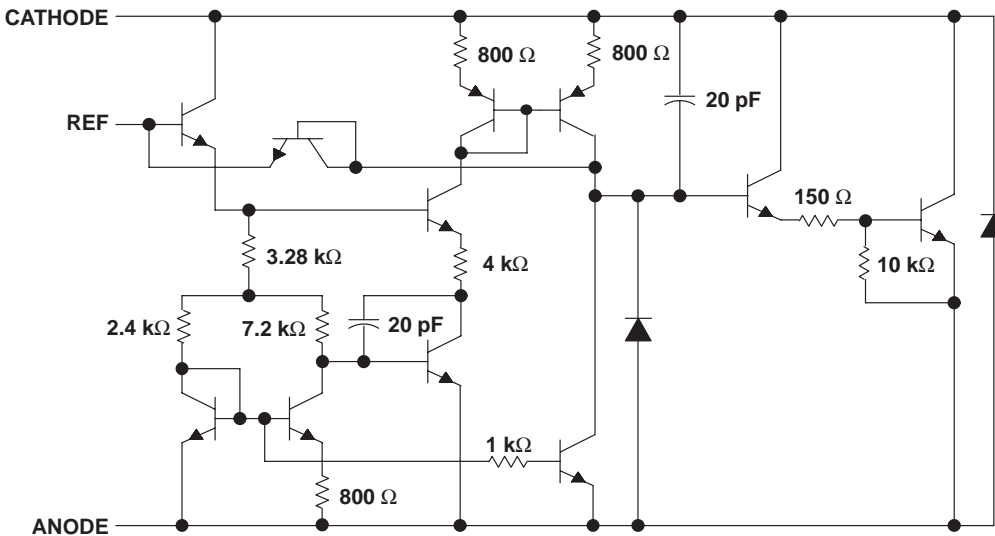
symbol



functional block diagram



equivalent schematic†



† All component values are nominal.

TL431, TL431A

ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)[†]

Cathode voltage, V_{KA} (see Note 1)	37 V
Continuous cathode current range, I_{KA}	–100 mA to 150 mA
Reference input current range	–50 μ A to 10 mA
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3):	
D package	97°C/W
DBV package	206°C/W
KTP package	28°C/W
LP package	156°C/W
P package	85°C/W
PK package	52°C/W
PW package	149°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	–65°C to 150°C

[†] Stresses beyond those listed under “absolute maximum ratings” may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under “recommended operating conditions” is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. Voltage values are with respect to the anode terminal unless otherwise noted.
 2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
Cathode voltage, V_{KA}		V_{ref}	36	V
Cathode current, I_{KA}		1	100	mA
Operating free-air temperature range, T_A	TL431C, TL431AC	0	70	°C
	TL431I, TL431AI	–40	85	



TL431, TL431A

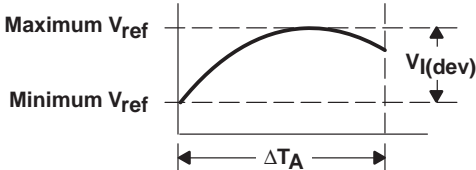
ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

electrical characteristics over recommended operating conditions, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CIRCUIT	TEST CONDITIONS		TL431C			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
V _{ref}	Reference voltage	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA		2440	2495	2550	mV
V _{I(dev)}	Deviation of reference voltage over full temperature range (see Figure 1)	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA, T _A = 0°C to 70°C			4	25	mV
$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	Ratio of change in reference voltage to the change in cathode voltage	3	I _{KA} = 10 mA	ΔV _{KA} = 10 V – V _{ref}	–1.4	–2.7	$\frac{\text{mV}}{\text{V}}$	
				ΔV _{KA} = 36 V – 10 V	–1	–2		
I _{ref}	Reference current	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞			2	4	μA
I _{I(dev)}	Deviation of reference current over full temperature range (see Figure 1)	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞, T _A = 0°C to 70°C			0.4	1.2	μA
I _{min}	Minimum cathode current for regulation	2	V _{KA} = V _{ref}			0.4	1	mA
I _{off}	Off-state cathode current	4	V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0			0.1	1	μA
z _{KA}	Dynamic impedance (see Figure 1)	1	I _{KA} = 1 mA to 100 mA, V _{KA} = V _{ref} , f ≤ 1 kHz			0.2	0.5	Ω

The deviation parameters $V_{\text{ref}(\text{dev})}$ and $I_{\text{ref}(\text{dev})}$ are defined as the differences between the maximum and minimum values obtained over the recommended temperature range. The average full-range temperature coefficient of the reference voltage, $\alpha_{V_{\text{ref}}}$, is defined as:

$$|\alpha_{V_{\text{ref}}}| \left(\frac{\text{ppm}}{^\circ\text{C}} \right) = \frac{\left(\frac{V_{I(\text{dev})}}{V_{\text{ref at } 25^\circ\text{C}}} \right) \times 10^6}{\Delta T_A}$$


where:

ΔT_A is the recommended operating free-air temperature range of the device.

$\alpha_{V_{\text{ref}}}$ can be positive or negative, depending on whether minimum V_{ref} or maximum V_{ref} , respectively, occurs at the lower temperature.

Example: maximum $V_{\text{ref}} = 2496\text{ mV}$ at 30°C , minimum $V_{\text{ref}} = 2492\text{ mV}$ at 0°C , $V_{\text{ref}} = 2495\text{ mV}$ at 25°C , $\Delta T_A = 70^\circ\text{C}$ for TL431C

$$|\alpha_{V_{\text{ref}}}| = \frac{\left(\frac{4\text{ mV}}{2495\text{ mV}} \right) \times 10^6}{70^\circ\text{C}} \approx 23\text{ ppm}/^\circ\text{C}$$

Because minimum V_{ref} occurs at the lower temperature, the coefficient is positive.

Calculating Dynamic Impedance

The dynamic impedance is defined as: $|z_{KA}| = \frac{\Delta V_{KA}}{\Delta I_{KA}}$

When the device is operating with two external resistors (see Figure 3), the total dynamic impedance of the circuit is given by:

$$|z'| = \frac{\Delta V}{\Delta I} \approx |z_{KA}| \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$$

Figure 1. Calculating Deviation Parameters and Dynamic Impedance

TL431, TL431A

ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

electrical characteristics over recommended operating conditions, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CIRCUIT	TEST CONDITIONS		TL431I			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
V _{ref}	Reference voltage	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA		2440	2495	2550	mV
V _{I(dev)}	Deviation of reference voltage over full temperature range (see Figure 1)	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA, T _A = −40°C to 85°C		5 50			mV
$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	Ratio of change in reference voltage to the change in cathode voltage	3	I _{KA} = 10 mA	ΔV _{KA} = 10 V − V _{ref}	−1.4	−2.7	$\frac{\text{mV}}{\text{V}}$	
				ΔV _{KA} = 36 V − 10 V	−1	−2		
I _{ref}	Reference current	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞		2	4	μA	
I _{I(dev)}	Deviation of reference current over full temperature range (see Figure 1)	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞, T _A = −40°C to 85°C		0.8	2.5	μA	
I _{min}	Minimum cathode current for regulation	2	V _{KA} = V _{ref}		0.4	1	mA	
I _{off}	Off-state cathode current	4	V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0		0.1	1	μA	
z _{KA}	Dynamic impedance (see Figure 1)	2	I _{KA} = 1 mA to 100 mA, V _{KA} = V _{ref} , f ≤ 1 kHz		0.2	0.5	Ω	

electrical characteristics over recommended operating conditions, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CIRCUIT	TEST CONDITIONS		TL431AC			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
V _{ref}	Reference voltage	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA		2470	2495	2520	mV
V _{I(dev)}	Deviation of reference voltage over full temperature range (see Figure 1)	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA, T _A = 0°C to 70°C		4 25			mV
$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	Ratio of change in reference voltage to the change in cathode voltage	3	I _{KA} = 10 mA	$\Delta V_{KA} = 10\text{ V} - V_{ref}$	-1.4	-2.7	$\frac{\text{mV}}{\text{V}}$	
				$\Delta V_{KA} = 36\text{ V} - 10\text{ V}$	-1	-2		
I _{ref}	Reference current	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞		2	4	μA	
I _{I(dev)}	Deviation of reference current over full temperature range (see Figure 1)	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞, T _A = 0°C to 70°C		0.8	1.2	μA	
I _{min}	Minimum cathode current for regulation	2	V _{KA} = V _{ref}		0.4	0.6	mA	
I _{off}	Off-state cathode current	4	V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0		0.1	0.5	μA	
z _{KA}	Dynamic impedance (see Figure 1)	1	I _{KA} = 1 mA to 100 mA, V _{KA} = V _{ref} , f ≤ 1 kHz		0.2	0.5	Ω	



TL431, TL431A

ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

electrical characteristics over recommended operating conditions, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CIRCUIT	TEST CONDITIONS	TL431AI			UNIT
				MIN	TYP	MAX	
V _{ref}	Reference voltage	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA	2470	2495	2520	mV
V _{I(dev)}	Deviation of reference voltage over full temperature range (see Figure 1)	2	V _{KA} = V _{ref} , I _{KA} = 10 mA, T _A = -40°C to 85°C		5	50	mV
$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	Ratio of change in reference voltage to the change in cathode voltage	3	I _{KA} = 10 mA	ΔV _{KA} = 10 V – V _{ref}	-1.4	-2.7	$\frac{\text{mV}}{\text{V}}$
				ΔV _{KA} = 36 V – 10 V	-1	-2	
I _{ref}	Reference current	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞		2	4	μA
I _{I(dev)}	Deviation of reference current over full temperature range (see Figure 1)	3	I _{KA} = 10 mA, R1 = 10 kΩ, R2 = ∞, T _A = -40°C to 85°C		0.8	2.5	μA
I _{min}	Minimum cathode current for regulation	2	V _{KA} = V _{ref}		0.4	0.7	mA
I _{off}	Off-state cathode current	4	V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0		0.1	0.5	μA
z _{KA}	Dynamic impedance (see Figure 1)	2	I _{KA} = 1 mA to 100 mA, V _{KA} = V _{ref} , f ≤ 1 kHz		0.2	0.5	Ω



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

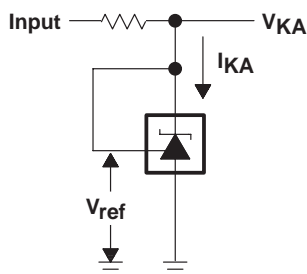


Figure 2. Test Circuit for $V_{KA} = V_{ref}$

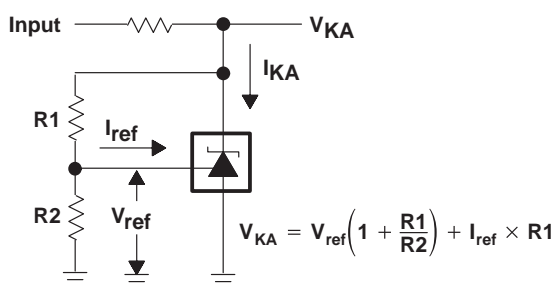


Figure 3. Test Circuit for $V_{KA} > V_{ref}$

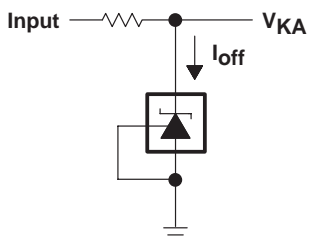


Figure 4. Test Circuit for I_{off}

TL431, TL431A

ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

TYPICAL CHARACTERISTICS

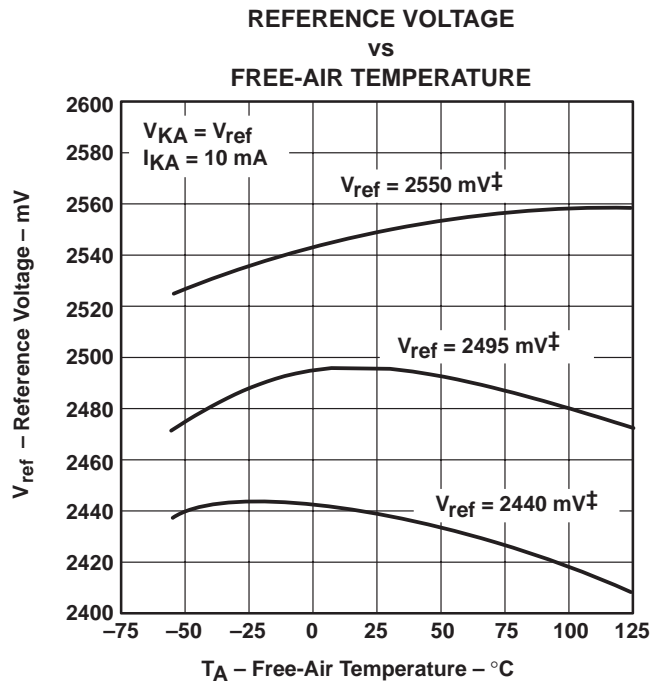
Table 1. Graphs

	FIGURE
Reference input voltage vs Free-air temperature	5
Reference input current vs Free-air temperature	6
Cathode current vs Cathode voltage	7, 8
Off-state cathode current vs Free-air temperature	9
Ratio of delta reference voltage to change in cathode voltage vs Free-air temperature	10
Equivalent input noise voltage vs Frequency	11
Equivalent input noise voltage over a 10-second period	12
Small-signal voltage amplification vs Frequency	13
Reference impedance vs Frequency	14
Pulse response	15
Stability boundary conditions	16

Table 2. Application Circuits

	FIGURE
Shunt regulator	17
Single-supply comparator with temperature-compensated threshold	18
Precision high-current series regulator	19
Output control of a three-terminal fixed regulator	20
High-current shunt regulator	21
Crowbar circuit	22
Precision 5-V 1.5-A regulator	23
Efficient 5-V precision regulator	24
PWM converter with reference	25
Voltage monitor	26
Delay timer	27
Precision current limiter	28
Precision constant-current sink	29

TYPICAL CHARACTERISTICS†



† Data is for devices having the indicated value of V_{ref} at $I_{KA} = 10 \text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Figure 5

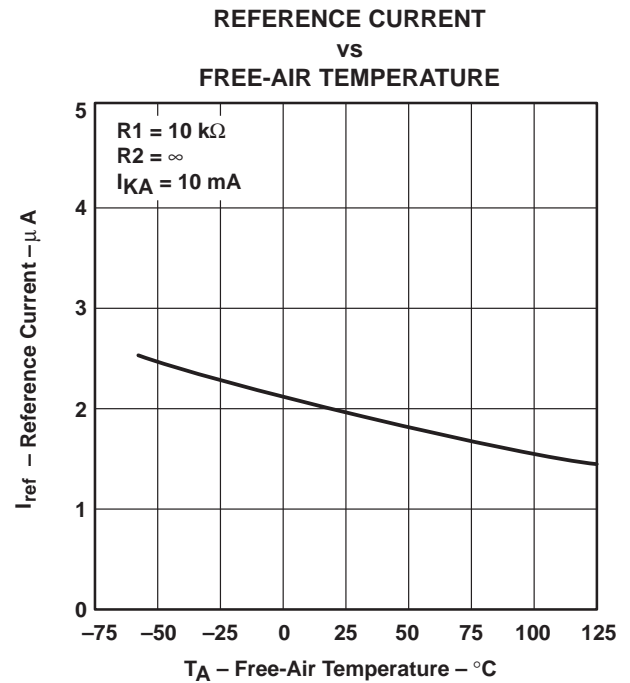


Figure 6

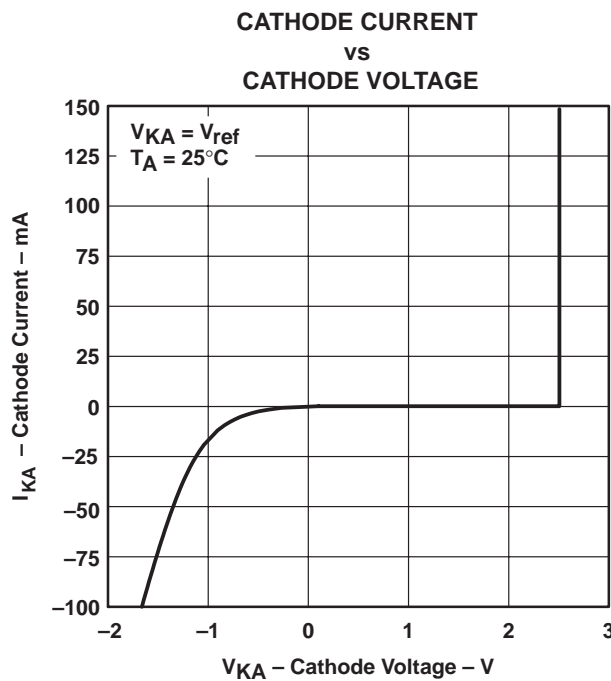


Figure 7

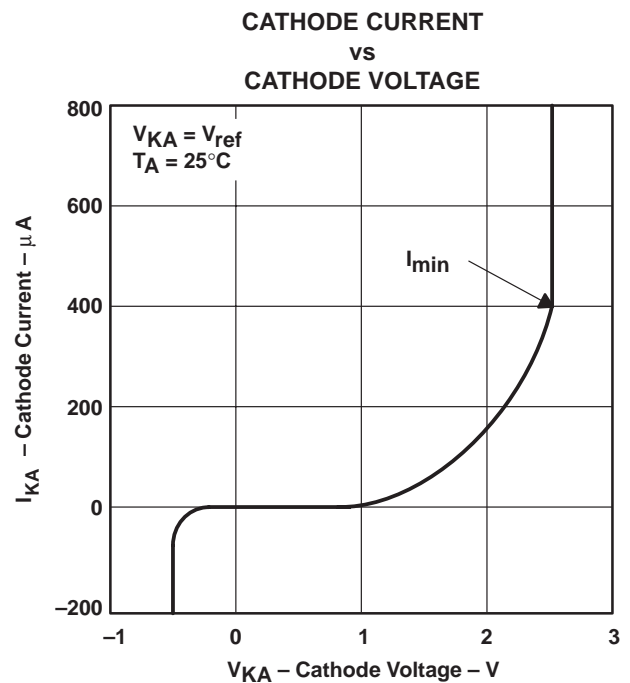


Figure 8

† Data at high and low temperatures are applicable only within the recommended operating free-air temperature ranges of the various devices.

TL431, TL431A
ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

TYPICAL CHARACTERISTICS†

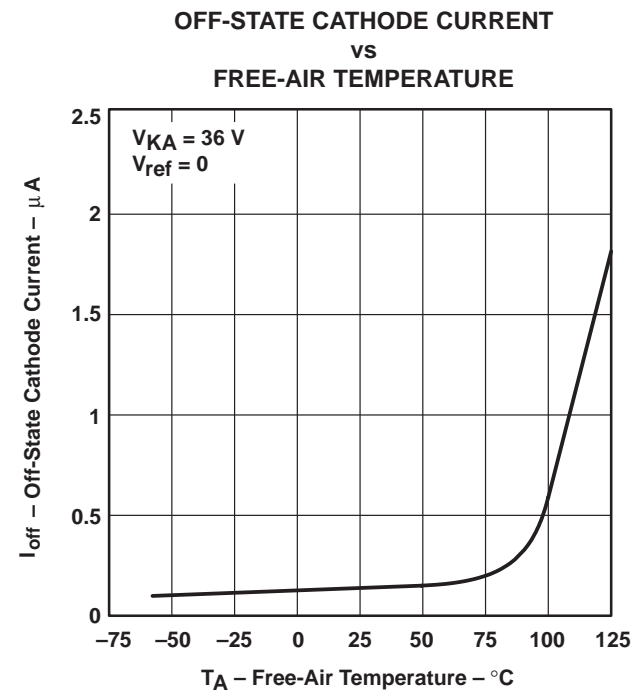


Figure 9

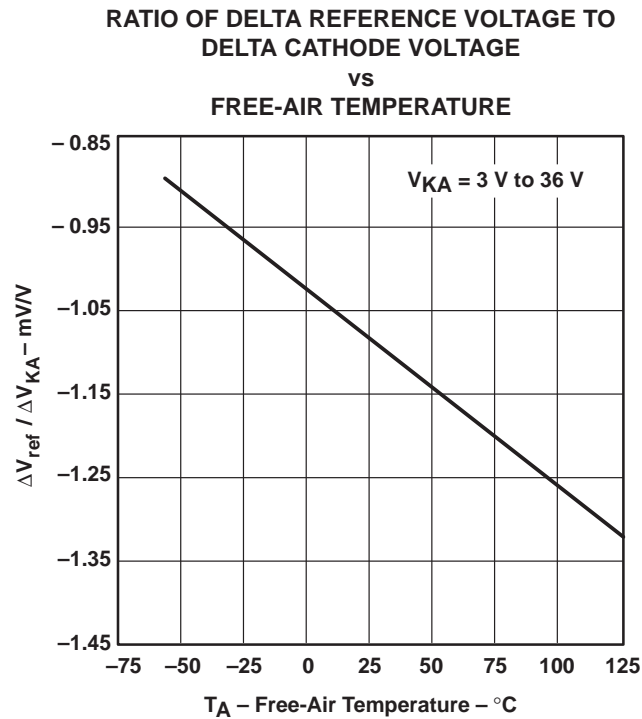


Figure 10

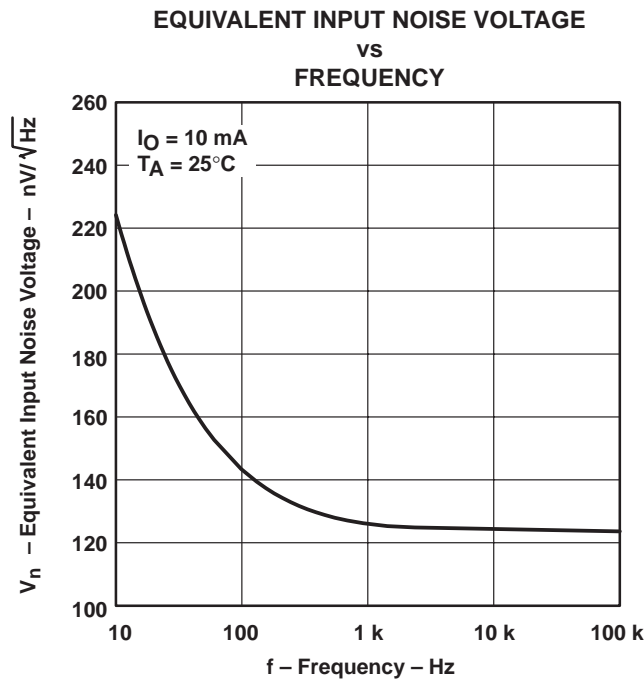


Figure 11

† Data at high and low temperatures are applicable only within the recommended operating free-air temperature ranges of the various devices.

TYPICAL CHARACTERISTICS

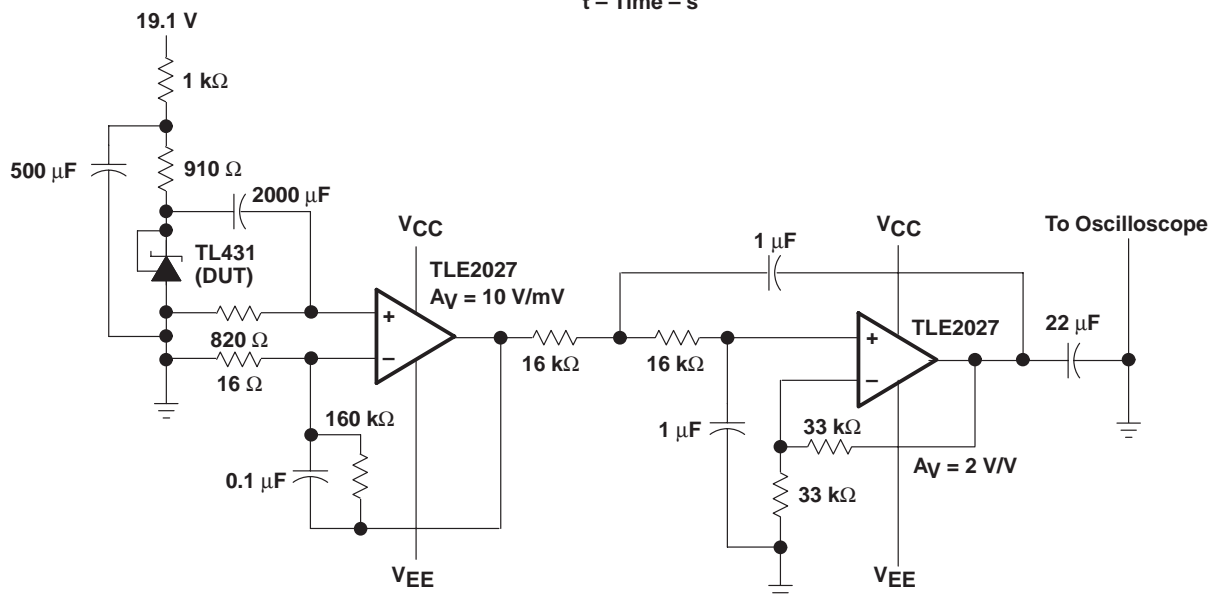
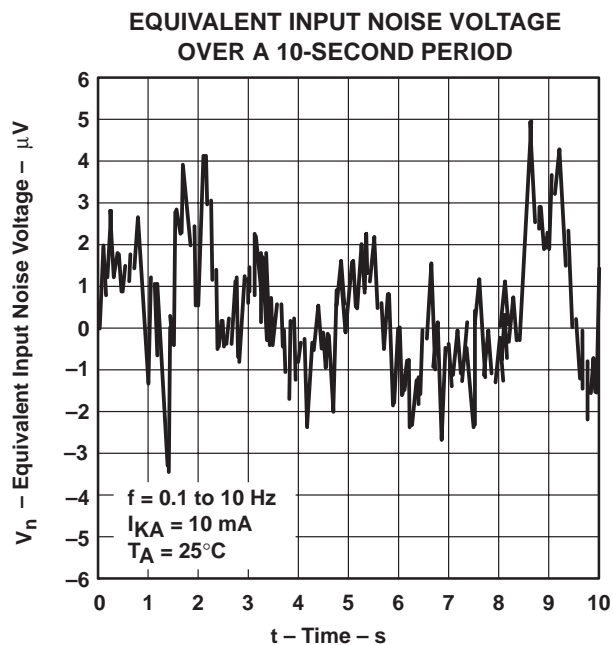


Figure 12. Test Circuit for Equivalent Input Noise Voltage

TL431, TL431A

ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

TYPICAL CHARACTERISTICS

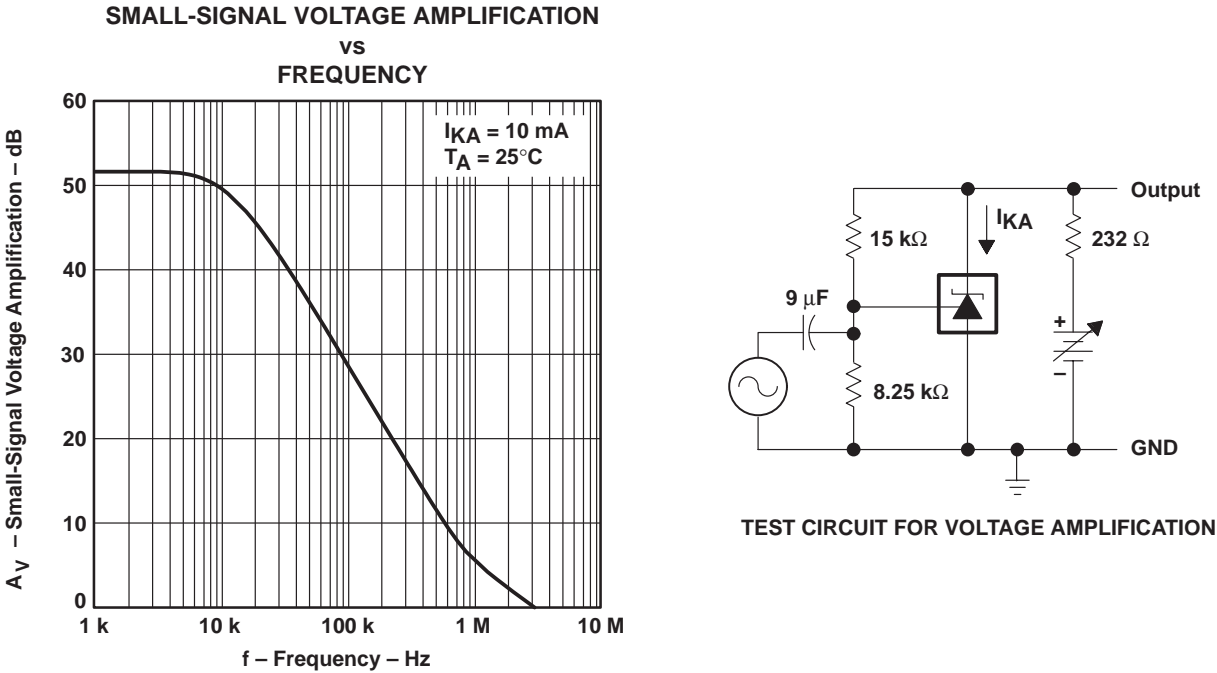


Figure 13

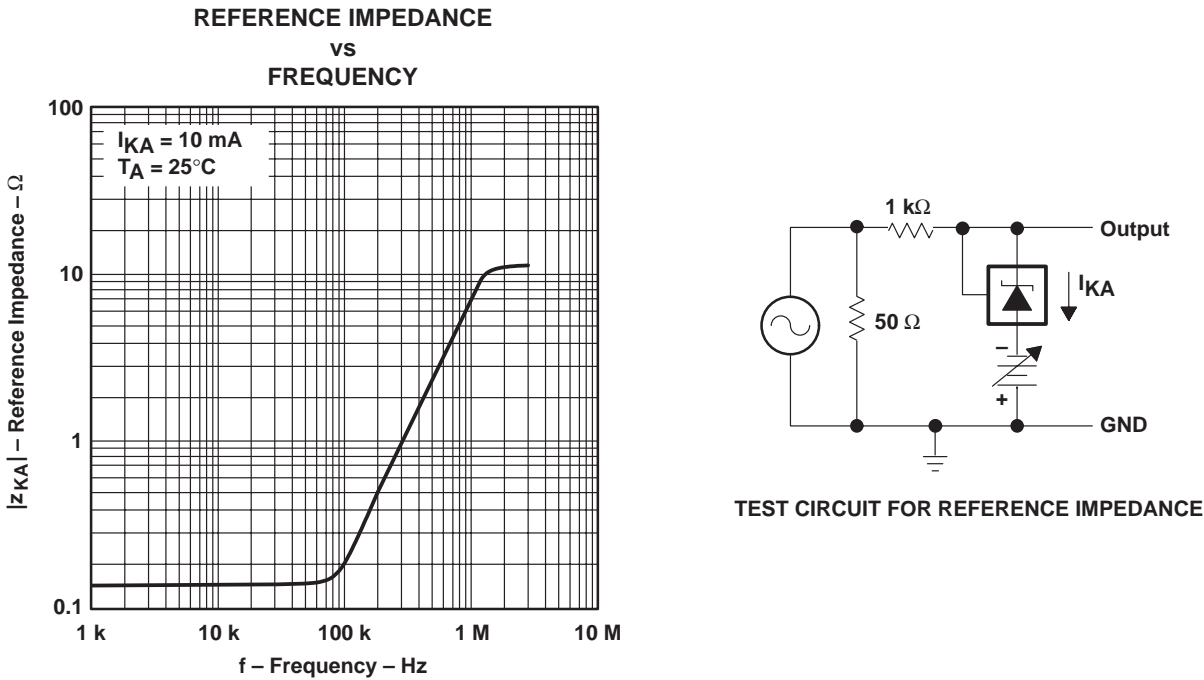


Figure 14

TYPICAL CHARACTERISTICS

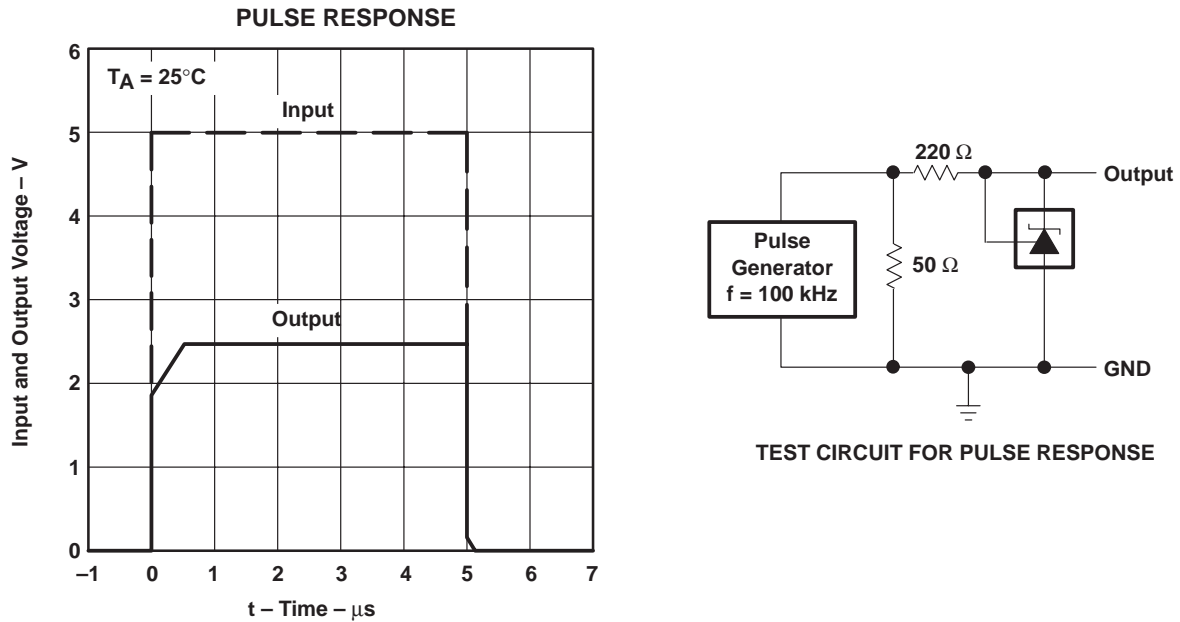


Figure 15

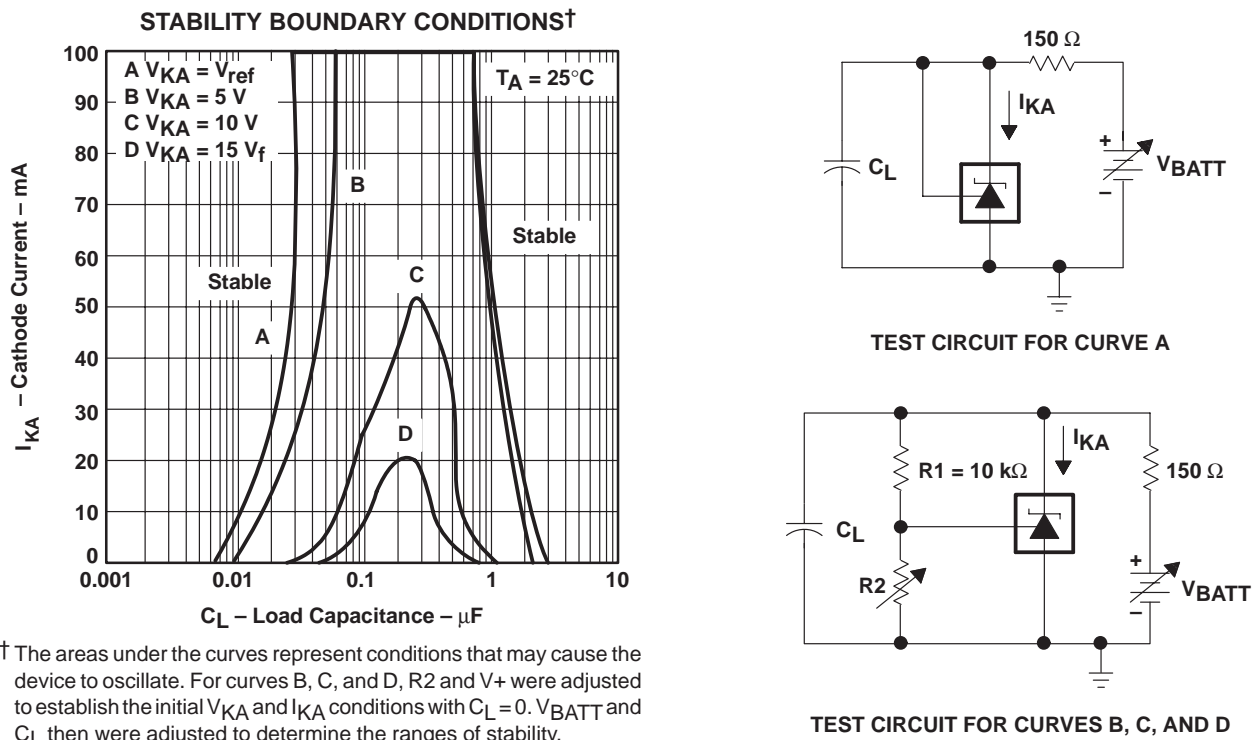
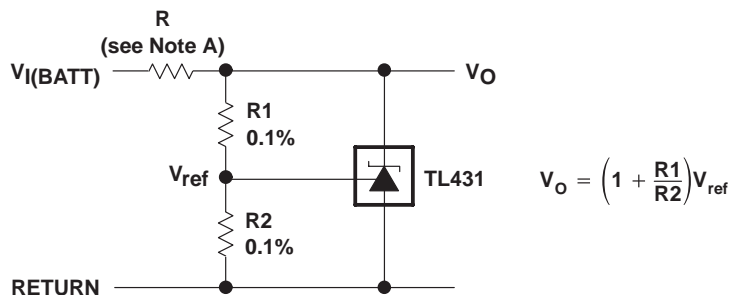


Figure 16

TL431, TL431A ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

APPLICATION INFORMATION



NOTE A: R should provide cathode current ≥ 1 mA to the TL431 at minimum $V_{I(BATT)}$.

Figure 17. Shunt Regulator

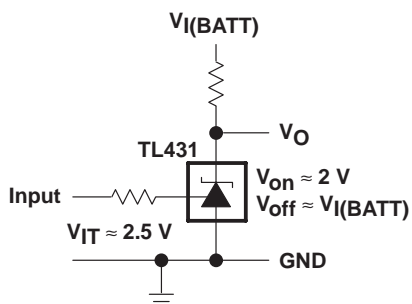
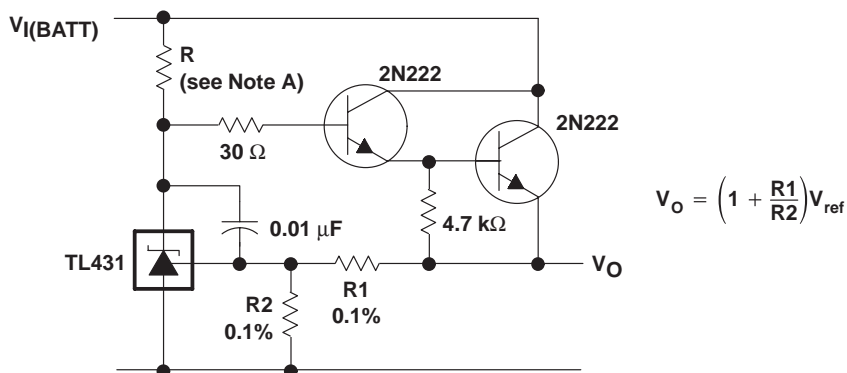


Figure 18. Single-Supply Comparator With Temperature-Compensated Threshold



NOTE A: R should provide cathode current ≥ 1 mA to the TL431 at minimum $V_{I(BATT)}$.

Figure 19. Precision High-Current Series Regulator

APPLICATION INFORMATION

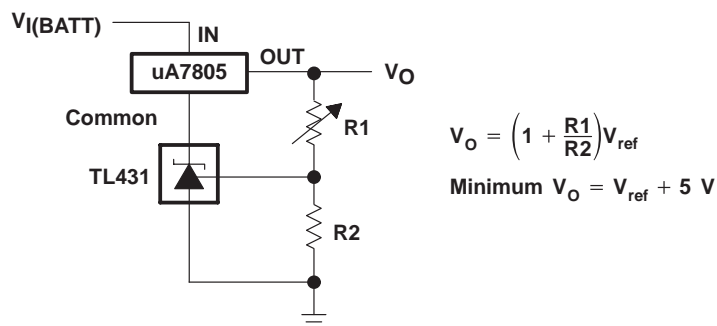


Figure 20. Output Control of a Three-Terminal Fixed Regulator

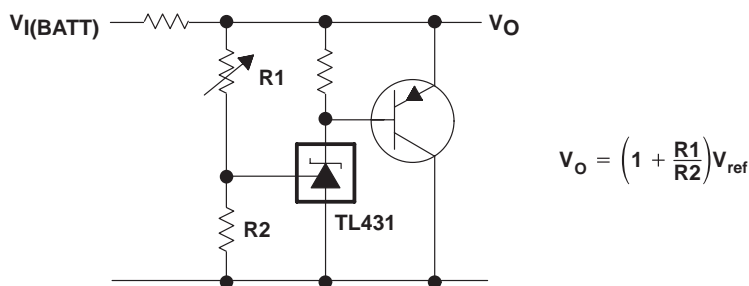
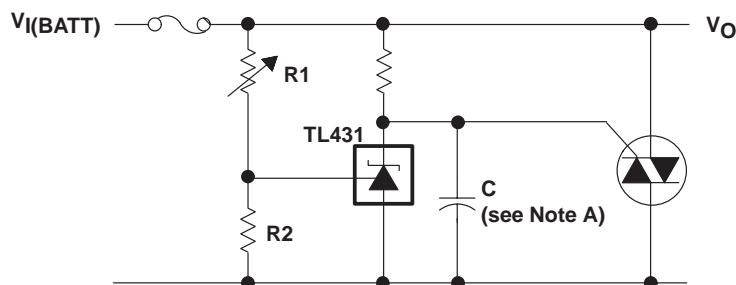


Figure 21. High-Current Shunt Regulator



NOTE A: Refer to the stability boundary conditions in Figure 16 to determine allowable values for C.

Figure 22. Crowbar Circuit

TL431, TL431A

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

APPLICATION INFORMATION

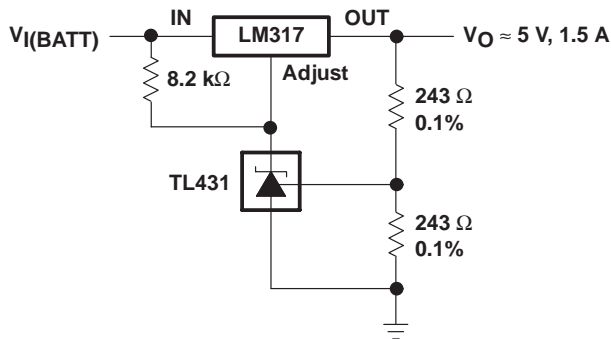
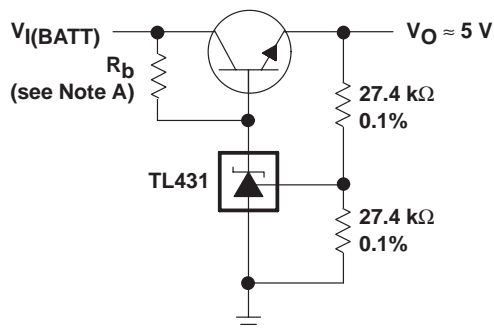


Figure 23. Precision 5-V 1.5-A Regulator



NOTE A: R_b should provide cathode current ≥ 1 mA to the TL431.

Figure 24. Efficient 5-V Precision Regulator

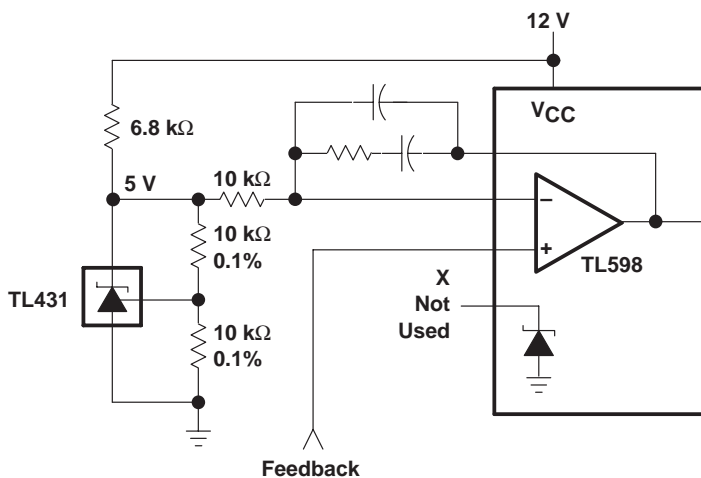
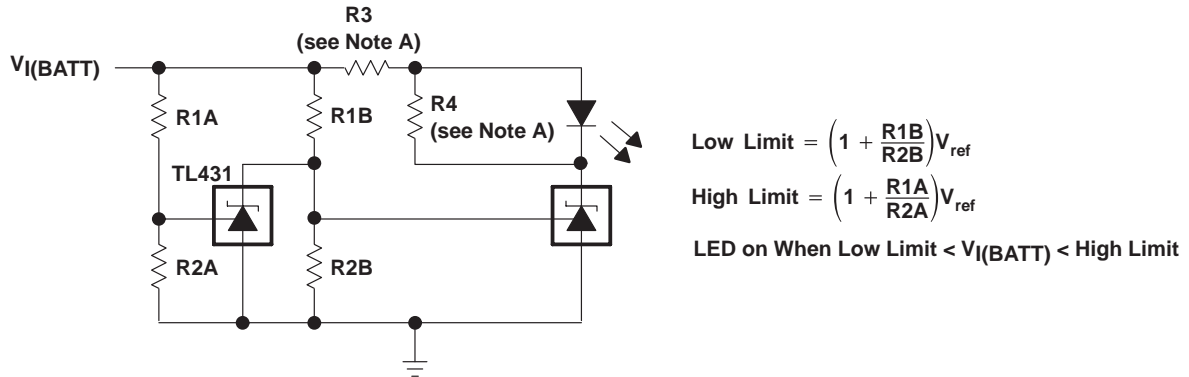


Figure 25. PWM Converter With Reference

APPLICATION INFORMATION



NOTE A: R3 and R4 are selected to provide the desired LED intensity and cathode current ≥ 1 mA to the TL431 at the available $V_{I(BATT)}$.

Figure 26. Voltage Monitor

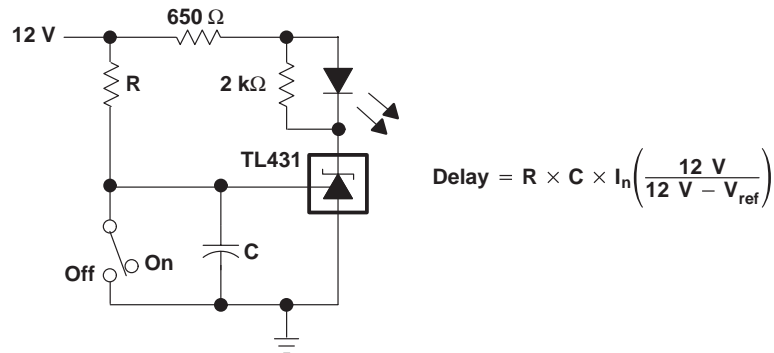


Figure 27. Delay Timer

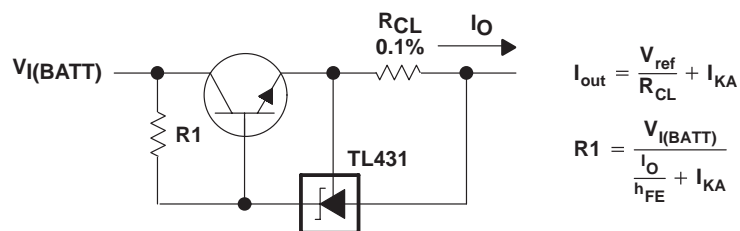


Figure 28. Precision Current Limiter

TL431, TL431A

ADJUSTABLE PRECISION SHUNT REGULATORS

SLVS005M – JULY 1978 – REVISED OCTOBER 2000

APPLICATION INFORMATION

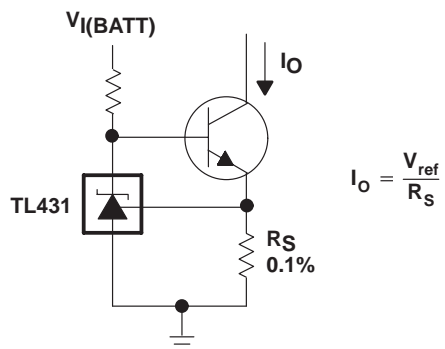


Figure 29. Precision Constant-Current Sink

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Customers are responsible for their applications using TI components.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.