

TPS7A4700使用 超低出力電圧ノイズ 4.17 μ V_{RMS}

超ローノイズ・プログラマブル可変電源キット

出力電圧範囲: 1.4V~20.5V 出力最大電流: 1A (max)

0.1V (100mV) × 192ステップ可変・高精度電圧出力(設定電圧 ± 1%)

Panasonic
ECOOL 基板

1.4V~20.5Vまで、0.1V(100mV)単位で192段階の出力電圧を設定することができます(4P × 2のDIPスイッチ設定)。出力電圧の精度は、DIPスイッチ設定電圧 ± 1%と高精度です(例: 5V出力設定で、4.95V~5.05Vの範囲内です)。高純度/超低雑音・直流電源アプリケーション向けのリップル・フィルタ用途としても最適な可変電源キットです。

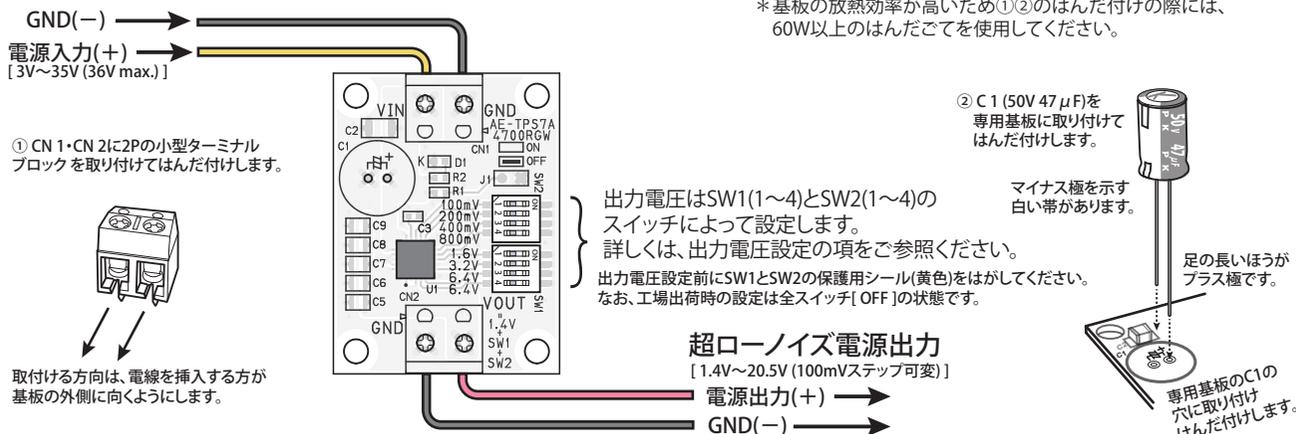
■ 主な技術仕様と特長

- 超低出力電圧ノイズ: 4.17 μ V_{RMS} (10Hz, 100kHz)
- 電源リップル除去比: 82dB (100Hz)
- 入力電圧範囲: DC +3V~+35V(36V max.)
- 出力電圧可変範囲: DC +1.4V~+20.5V(100mVごとに192ステップ)
- 高精度出力電圧: 設定電圧 ± 1%
- 低ドロップアウト電圧: 307mV(出力電流1A時)
- デバイス保護機能: 電流制限、過熱シャットダウン
- 放熱効率の高いエクール^(*)基板採用

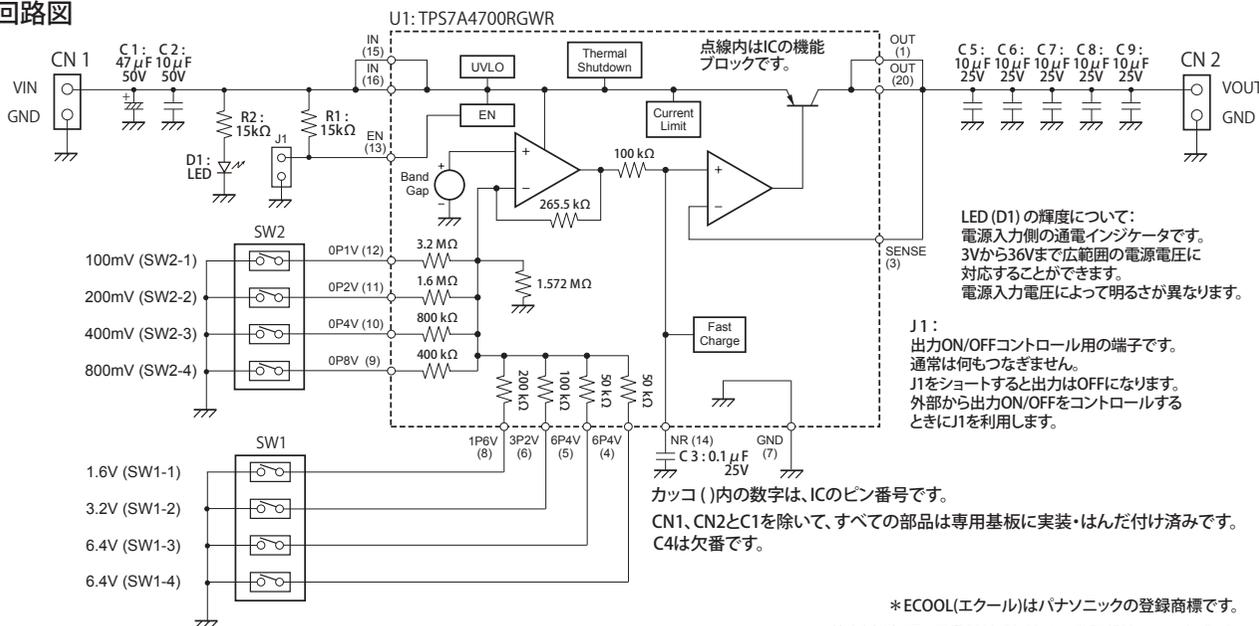
■ 製作と配線について

CN1・CN2とC1を除いて、すべての部品は専用基板に実装・はんだ付け済みです。専用基板に①CN1・CN2と②C1をはんだ付けて完成です。

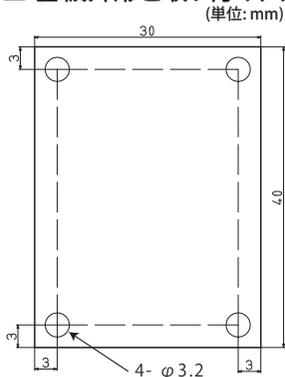
* 基板の放熱効率が高いため①②のはんだ付けの際には、60W以上のはんだごてを使用してください。



■ 回路図



■ 基板外形と取り付け穴寸法



■ パーツリスト (CN1,CN2,C1を除き、すべての部品は専用基板に実装・はんだ付け済みです。)

部品番号	部品名	サイズ	備考
U 1	TPS7A4700RGW	5mm角 20Pin IC	
D 1	チップ赤色 LED	1608 (1.6×0.8 ミリ)	Vin パイロット
SW1,SW2	4P DIP スイッチ	面実装品 (ハーフピッチ)	電圧設定用
R 1	15KΩ±5%	1608 (1.6×0.8 ミリ)	0.1W (EN 用)
R 2	15KΩ±5%	1608 (1.6×0.8 ミリ)	0.1W (LED 用)
C 1	47μF	ラジアルリード品	耐圧 50V 以上
C 2	10μF	3225 (3.2×2.5 ミリ)	耐圧 50V 以上
C 3	0.1μF	1608 (1.6×0.8 ミリ)	耐圧 25V 以上
C 5 ~ 9	10μF	2012 (2.0×1.25 ミリ)	耐圧 25V 以上
CN1,CN2	2P ターミナル	小型ブロック	
専用基板	AE-TPS7A4700RGW	40×30 ミリ	ECOOL

※電氣的動作に影響がない場合、各部品は予告なく変更されることがあります。 C4は欠番です。

■ 電源入力電圧について

- 本キットは、入力電源電圧DC+3V~35V(絶対最大定格36V)で動作する、低ドロップ型リニア(シリーズ)レギュレータです。入出力間のドロップアウト電圧は0.307V(307mV)です(出力電流1A時の標準値)。
- テキサス・インスツルメンツ社のTPS7A4700技術仕様書では、下記の電源入力電圧条件で各特性が規定されています。

$V_{in}=3V * 1$ または $V_{in}=V_{out}+1V * 2$ のうちどちらか高い方の電圧

ドロップアウト電圧(0.307V)よりも高めの電圧(1V加算)が規定されています。安定な動作のために十分な余裕もたせています。

*1 : 出力電圧(Vout)が1.4V~2Vの場合、入力電圧(Vin)は3V~35V(絶対最大定格36V)

*2 : 出力電圧(Vout)が2V~20.5Vの場合、入力電圧(Vin)はVout+1V~35V(絶対最大定格36V)

- 入出力電圧差が大きくなると、電力損失が多くなりTPS7A4700の発熱量が増大します。電力損失と発熱については、別項をご参照ください。

■ 出力電圧設定

- 本キットでは出力電圧を設定するために、SW2-4~1とSW1-4~1の計8個のスイッチを使用してレギュレーションする出力電圧をプログラミングします。各スイッチは、グランドに接続(ON側)するか、オープン(OFF側)にします。
- 電圧設定プログラミングはONにセットされたスイッチの指示電圧の合計と、内部リファレンス電圧($V_{REF} = 1.4V$)を加算した結果として出力されます。
- 電圧の割り当ては、100mV(SW2-1)、200mV(SW2-2)、400mV(SW2-3)、800mV(SW2-4)、1.6V(SW1-1)、3.2V(SW1-2)、6.4V(SW1-3)、6.4V(SW1-4)です。
- すべてのプログラムSWをオープン(OFF側)にすると、出力電圧は内部リファレンス電圧($V_{REF} = 1.4V$)となります。
- 電圧設定範囲は、1.4V~20.5Vです。この電圧範囲を0.1V(100mV)ごとに、192段階で調整することができます。

■ 主な出力電圧設定例

出力設定スイッチ ↓	出力設定電圧									
	1.4V	1.5V	3.0V	3.3V	5.0V	6.0V	9.0V	12.0V	15.0V	20.0V
100mV [SW2-1]	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	OFF <input type="checkbox"/>					
200mV [SW2-2]	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON						
400mV [SW2-3]	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>
800mV [SW2-4]	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON								
1.6V [SW1-1]	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON				
3.2V [SW1-2]	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON
6.4V [SW1-3]	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON					
6.4V [SW1-4]	OFF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> ON							

スイッチのポジション(ノブの位置)凡例 ON側: ON
OFF側: OFF

備考: SW1-3とSW1-4に優先順位はありません。

備考: スイッチの操作は木製の楊枝など、先端が細いものを使用してください。

■ 出力電圧の高精度化について

- 出力電圧を10.0V以上に設定した場合、TPS7A4700の出力電圧精度の制約によって±0.1V以上の誤差を生じることがあります。正確な出力電圧が必要とされる場合には、100mVおよび200mV単位で補正することをお勧めします。
- 例として、設定スイッチで15.0Vを指定したところ、出力電圧の実測値が14.88Vであったとします。誤差は、 $-0.12V \div -0.12V / 15.0V = -0.8\%$ となりTPS7A4700の仕様内です。これを補正するために100mVを加算して設定します。出力電圧は14.98V近傍を期待できます。
- この補正方法は、設定電圧に対して出力電圧の誤差が±50mV以上あった場合にお試ください。

■ 過熱シャットダウン機能について

- TPS7A4700には、半導体内部で過剰な熱が生じたときに出力電流をオフにする過熱シャットダウン保護回路が内蔵されています。
- 過熱シャットダウンは、メイン・トランジスタの接合部温度 (T_J) が+170°C (標準) を超えた場合に発生します。過熱シャットダウンではヒステリシスによって、温度が+150°C (標準) に低下すると出力は復帰します。
- TPS7A4700は高い入力電圧をサポートできるため、出力電圧が低いとデバイスでかなり大きな電力を消費することが想定され、その結果、過熱シャットダウンが生じる場合があります。
- 半導体のダイの熱時定数はかなり短いため、過熱シャットダウンに達すると、消費電力が低下するまでの間、短い間隔で出力オン/オフの不規則な動作を繰り返します。
- TPS7A4700の内部保護回路は、熱的過負荷状態に陥ったときにデバイスを保護する目的で設計されています。この保護機能は適切なヒートシンクの代わりとなるように意図されたものではありません。
- TPS7A4700を過熱保護機能が作動するまで使用し続けると、デバイスの信頼性と寿命に影響を及ぼす可能性があります。したがって、過熱保護機能の動作を前提とした使い方はお勧めできません。

■ 消費電力 (許容損失電力: P_D) について

- 本キット内のレギュレータ (TPS7A4700) の消費電力 (W) は、入力電圧と出力電圧の差、および負荷条件 (出力電流) に依存します。 P_D (W) の算出式を下に示します。

$$P_D = (V_{OUT} - V_{IN}) \times I_{OUT}$$

- QFN (RGW) パッケージの主要熱伝導パスは、サーマル・パッドを経由してエポキシ基板に至るパスです。サーマル・パッドは、デバイス直下の銅パッド領域にはんだ付けされています。専用基板AE-TPS7A4700RGWのパッド領域には、9個(3x3)のめっきビア(ϕ 0.3mm)の配列があります。それによってエポキシ基材内層の熱拡散プレーン領域や裏面のGND銅プレーンへと熱を伝導させています。
- 最大消費電力はデバイスに許容される最大接合部温度 (T_J) によって決まります。テキサス・インスツルメンツ社の技術仕様書に従って、動作の信頼性を高めるために接合部温度を最大+125°Cとします。これは、過熱シャットダウンが作動する温度条件 +170°Cから45°C (環境温度の上昇等を加味した安全係数) を減じた温度です。
- 消費電力および接合部温度は、熱抵抗 (θ_{JA}) および周囲空気温度 (T_A) によって下式として表されます。

$T_J = T_A + (\theta_{JA} \times P_D)$ したがって最大消費電力 $P_D(\max)$ は、

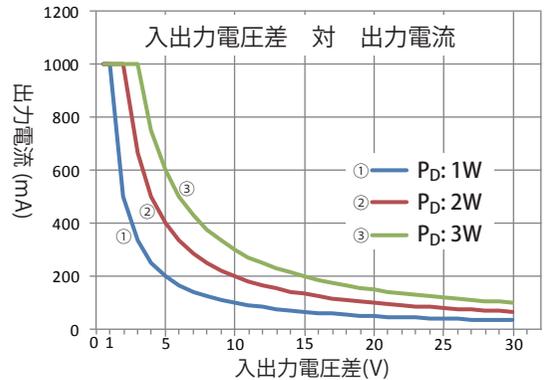
$P_D(\max) = (T_J - T_A) / \theta_{JA}$ となります。

- θ_{JA} を約50°C/W(*)として見積もると $T_J = +125^\circ\text{C}$ 、 $T_A = +25^\circ\text{C}$ の環境で $P_D(\max)$ は約2Wとなります。

計算: $(125^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) / 50^\circ\text{C}/\text{W} = 2\text{W}$

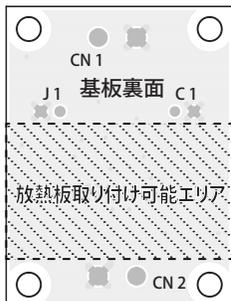
(*) 秋月電子通商がAE-TPS7A4700RGWを実験し、その実測値にもとづいた推定の値です。

- 放熱に関しては、基板の設置環境によって大きく左右されるため本キットの P_D は1W~3Wの範囲とお考えください。
- 右図に、 $P_D=1\text{W}$ 、2W、3W時の入出力電圧差と出力電流の関係を示しました。電圧差が大きくなるに従って出力電流は低下します。
- 基板が縦になるように設置すると、自然空冷の効率が若干あがります。

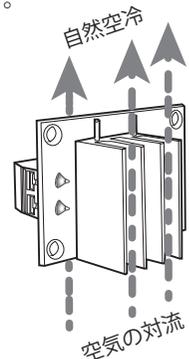
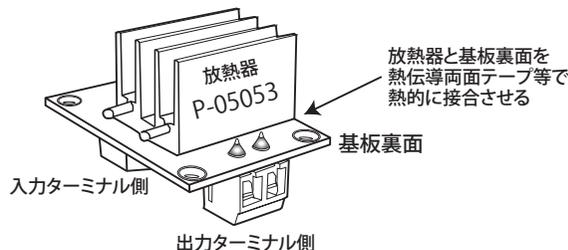


■ 応用参考例 (放熱器を取り付ける場合)

- 本キットの専用基板AE-TPS7A4700RGWには、放熱のためのフラットなエリア(銅箔ベタパターン)を設けています。下図の斜線部に示すエリア (30×約18mm) に小型の放熱器(通販コード:P-05053)を熱伝導両面テープ(通販コード:P-00514)によって貼り付けることができます。放熱器を取り付けた場合、 $P_D=3.5\text{W}$ 程度を期待することができます(環境温度+25°C)。自然空冷の効率をよくするため、フィンが縦になるように基板を設置することをお勧めします。



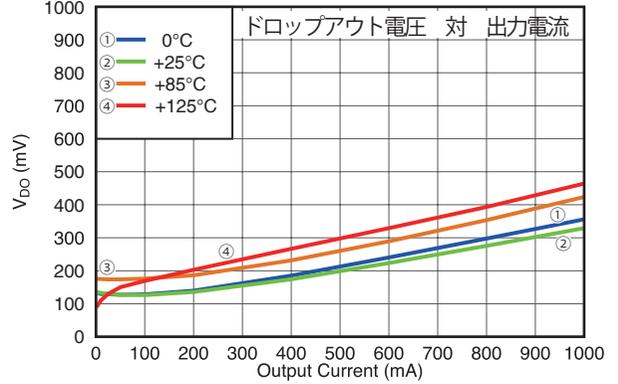
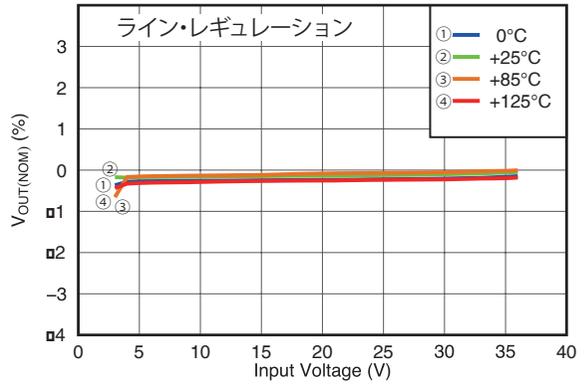
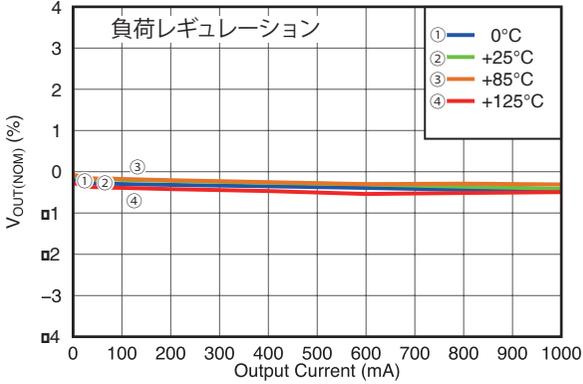
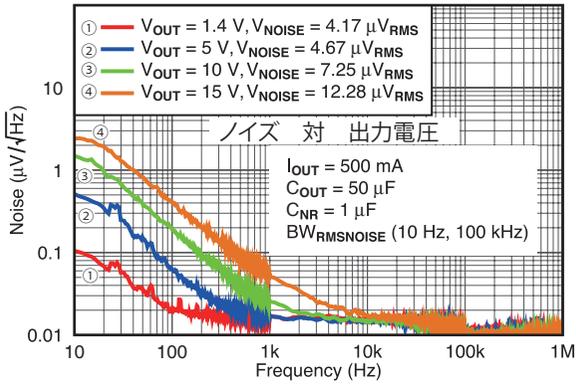
*放熱器等は、別途ご用意ください。



*放熱器によってC1、J1、CN2がショートしないように注意してください。

■ TPS7A4700RGWのおもな特性 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{IN} = V_{OUT(NOM)} + 1.0\text{V}$ または $V_{IN} = 3.0\text{V}$ (いずれか大きい方)
 $V_{EN} = V_{IN}$ 、 $I_{OUT} = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = 10\text{nF}$ 、SENSEをOUTに接続、0P1V、0P2V、0P4V、0P8V、1P6V、3P2V、6P4V1、6P4V2ピンはオープンです(特に記述のない限り)。

TPS7A4700RGWの詳細な仕様は、本キットの商品説明ページ
<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-06194/>のPDF資料をご参照ください。



パラメータ		テスト条件	MIN	TYP	MAX	単位
V_{IN}	Input voltage range		3		35	V
V_{UVLO}	Under-voltage lockout threshold	V_{IN} rising		2.67		V
		V_{IN} falling		2.5		V
V_{UVLO_HYS}	Under-voltage lockout hysteresis			177		mV
V_{NR}	Noise reduction pin voltage			V_{OUT}		V
V_{OUT}	Output voltage range	$V_{IN} \geq V_{OUT(NOM)} + 1.0\text{V}$ or 3V (whichever is greater), $C_{OUT} = 20\mu\text{F}$	1.4		20.5	V
	Nominal accuracy	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $C_{OUT} = 20\mu\text{F}$	-1.0		1.0	% V_{OUT}
	Overall accuracy	$V_{OUT(NOM)} + 1.0\text{V} \leq V_{IN} \leq 35\text{V}$, $0\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 1\text{A}$, $C_{OUT} = 20\mu\text{F}$	-2.5		2.5	% V_{OUT}
$\frac{\Delta V_{OUT}(\Delta V_{IN})}{V_{OUT(NOM)}}$	Line regulation	$V_{OUT(NOM)} + 1.0\text{V} \leq V_{IN} \leq 35\text{V}$		0.092		% V_{OUT}
$\frac{\Delta V_{OUT}(\Delta I_{OUT})}{V_{OUT(NOM)}}$	Load regulation	$0\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 1\text{A}$		0.3		% V_{OUT}
V_{DO}	Dropout voltage	$V_{IN} = 95\% V_{OUT(NOM)}$, $I_{OUT} = 0.5\text{A}$		216		mV
		$V_{IN} = 95\% V_{OUT(NOM)}$, $I_{OUT} = 1\text{A}$		307	450	mV
I_{CL}	Current limit	$V_{OUT} = 90\% V_{OUT(NOM)}$	1	1.26		A
I_{GND}	Ground pin current	$I_{OUT} = 0\text{mA}$		0.58	1.0	mA
		$I_{OUT} = 1\text{A}$		6.1		mA
I_{SHDN}	Shutdown supply current	$V_{EN} = 0.4\text{V}$		2.55	8	μA
		$V_{EN} = 0.4\text{V}$, $V_{IN} = 35\text{V}$		3.04	60	μA
I_{EN}	Enable pin current	$V_{EN} = V_{IN}$		0.78	2	μA
		$V_{IN} = V_{EN} = 35\text{V}$		0.81	2	μA
$V_{+EN(HI)}$	Enable high-level voltage		2.0		V_{IN}	V
$V_{+EN(LO)}$	Enable low-level voltage		0.0		0.4	V
V_{NOISE}	Output noise voltage	$V_{IN} = 3\text{V}$, $V_{OUT(NOM)} = 1.4\text{V}$, $C_{OUT} = 50\mu\text{F}$, $C_{NR} = 1\mu\text{F}$, $BW = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$		4.17		μVRMS
		$V_{IN} = 6\text{V}$, $V_{OUT(NOM)} = 5\text{V}$, $C_{OUT} = 50\mu\text{F}$, $C_{NR} = 1\mu\text{F}$, $BW = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$		4.67		μVRMS
PSRR	Power-supply rejection ratio	$V_{IN} = 16\text{V}$, $V_{OUT(NOM)} = 15\text{V}$, $C_{OUT} = 50\mu\text{F}$, $I_{OUT} = 500\text{mA}$, $C_{NR} = 1\mu\text{F}$, $f = 1\text{kHz}$		78		dB
T_J	Operating junction temperature		-40		+125	$^{\circ}\text{C}$
T_{SD}	Thermal shutdown temperature	Shutdown, temperature increasing		+170		$^{\circ}\text{C}$
		Reset, temperature decreasing		+150		$^{\circ}\text{C}$