

**LDO レギュレータ TCR3UG シリーズ
IoT 機器向け電源回路への応用**

リファレンスガイド

RD037-RGUIDE-01

東芝デバイス&ストレージ株式会社

目次

1.	概要	3
1.1.	ターゲットアプリケーション	4
2.	使用回路例、部品表	5
2.1.	使用回路例	5
2.2.	部品表	5
3.	IoT 機器向け LDO の代表特性について	6
3.1.	アクティブ状態の出力電圧の安定性 (負荷過渡応答特性)	6
3.2.	スタンバイやスリープ状態の低消費電流 (出力電流依存性)	7
3.3.	スタンバイやスリープ状態の低消費電流 (入力電圧依存性)	7
4.	設計に際しての注意事項	9
5.	製品概要	10
5.1.	TCR3UG シリーズ	10
5.1.1.	特長	10
5.1.2.	外観と端子配置	10
5.1.3.	製品一覧	11
5.1.4.	端子説明	12

1. 概要

●まえがき

省電力化を目的としたパワーマネジメントが必要とされるセットでは、セット内のシステムを使用状況に応じて電力供給をコントロールする事で、平均消費電力を低下させる方法を取る事が一般的です。IoT 機器にはセンサ、無線通信等の様々な機能が内蔵されており、バッテリー駆動の場合はより長時間駆動のための省電力化が求められています。

バッテリー駆動の IoT 機器では一般的に、センシングやデータ通信を行う際に数 mW~数百 mW で動作するアクティブな状態と、一部機能を制限し消費電力を数 μ ~数十 μ W 程度に抑えたスタンバイやスリープといった状態があります。IoT 機器ではスタンバイやスリープ状態を出来る限り長く設定した間欠動作を行うことで、セット全体の省電力化を実現しています。

●IoT 機器の電源 IC 選定の課題

IoT 機器の電源を構成する電源 IC を選定する際には、セットのアクティブな状態とスタンバイやスリープ状態の両方に対応できる製品を必要とします。

(1)アクティブ状態の電源 IC の安定動作

安定したデータ通信や高精度のセンシングを行うアクティブ状態では電源供給を行う電源 IC の出力電力は数 mW~数百 mW の範囲で変動することが想定されます。例えば、センシングしたデータなどを送信する際に使う RF-IC やパワーアンプで特に大きな電力を必要とするためです。その際には、電源 IC の出力電流も数 mA~数百 mA の範囲で変動することになります。一般的に電源 IC では出力電流を数 μ s 以内で急しゅんに変動させた場合に出力電圧変動が発生します。これを負荷過渡応答といいます。アクティブな状態ではこの負荷過渡応答での出力電圧変動がデータ通信やセンシングを行う IC の動作電圧範囲内である必要があります。

(2)スタンバイやスリープ動作時の電源 IC の低消費電流

スタンバイやスリープの状態では電源 IC の動作モードは大きく分けて 3 パターンあります。

- a. 電源 IC に入力電圧を印加していない状態・・・消費電流は発生しません
- b. 電源 IC に入力電圧を印加したままで電源 IC を OFF させている状態・・・スタンバイ電流といいます
- c. 電源 IC を数 μ A~数十 μ A 程度の出力電流で動作させている状態・・・バイアス電流といいます

一般的な電源 IC では良好な負荷過渡応答と低消費電流(スタンバイ電流とバイアス電流)はトレードオフの関係のため両方を満たす最適な電源 IC の選定が難しいことが課題となっています。

●本製品による解決提案

TCR3UG シリーズは上記の課題を解決することが出来る LDO(Low dropout)レギュレータ IC です。TCR3UG シリーズの負荷過渡応答の電圧変動を ± 60 mV (typ.) と低く抑えており、出力電流の変化に対しても安定した電圧を供給できます。また、スタンバイ電流を 0.03 μ A(typ.)かつ、0~20 μ A の出力電流で動作させているときのバイアス電流を 0.34~0.4 μ A 程度と当社従来品 TCR2L シリーズ(2013 年 11 月量産開始)と比較し 50%以下に抑えているため、バッテリー駆動のセットにおいて動作時間の拡大に貢献できます。

TCR3UG シリーズの低バイアス電流特性と負荷過渡応答特性のトレードオフ改善について、TCR2L シリーズと比較した図を図 1.1 に示します。

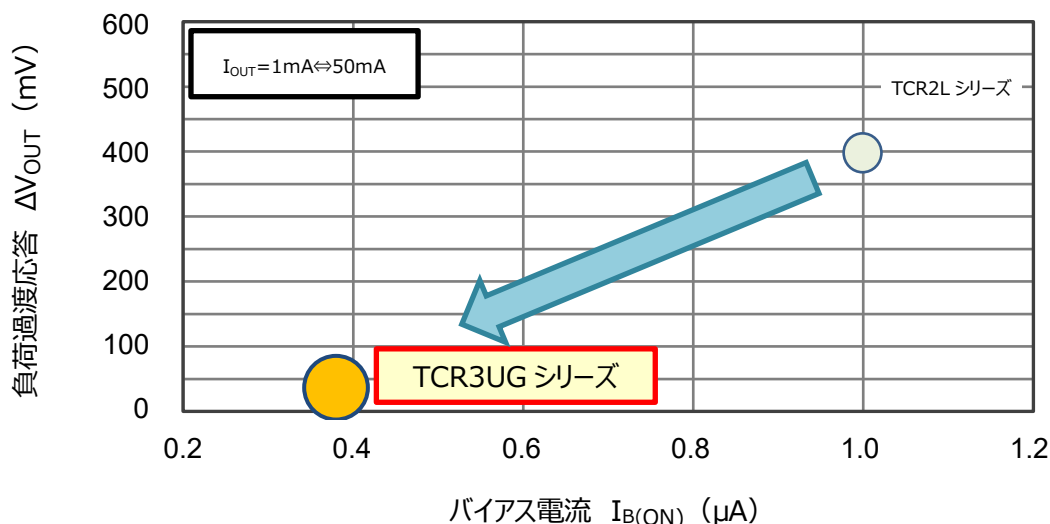


図 1.1 バイアス電流-負荷過渡応答特性比較

上記の通り TCR3UG シリーズは、低消費電流(スタンバイ電流とバイアス電流)でありながら高速負荷過渡応答特性を実現した超小型 LDO レギュレータです。過電流保護回路、過熱保護回路、突入電流抑制回路、オートディスチャージ機能(オプション)を搭載し、出力電圧は 0.8 V~5.0 V 間の 31 電圧の幅広い電圧ラインナップからバッテリー駆動の IoT 機器に最適な電圧を選定いただけます。

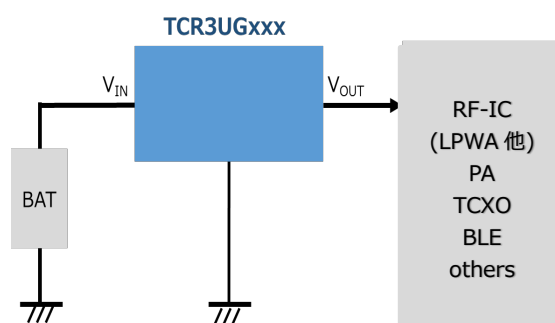
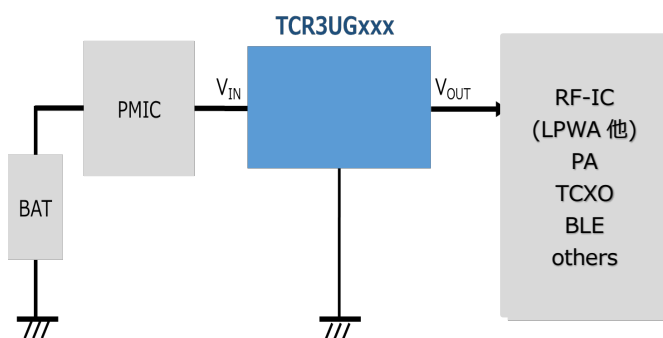
TCR3UGシリーズのデータシートダウンロードはこちらから → [Click Here](#)

1.1. ターゲットアプリケーション

● バッテリー駆動の IoT 機器用電源

回路例(1): PMIC 使用の場合

回路例(2): バッテリー直接接続の場合

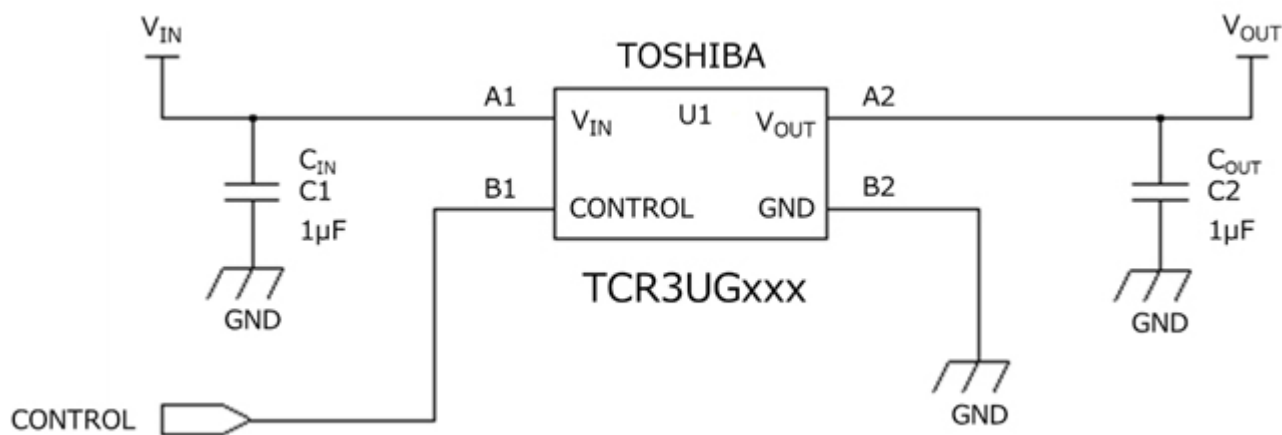


RF-IC: Radio Frequency-Integrated Circuit
 LPWA: Low Power Wide Area
 PA: Power Amplifier
 TCXO: Temperature Compensated Crystal Oscillator
 BLE: Bluetooth Low Energy

2. 使用回路例、部品表

2.1. 使用回路例

図 2.1 は、TCR3UG シリーズを使用した IoT 機器向け電源回路の例です。



CONTROL HIGH → ON
 CONTROL LOW (OPEN) → OFF

図 2.1 TCR3UG シリーズ IoT 機器向け使用回路

2.2. 部品表

表 2.1 部品表

アイテム	部品	数量	値	部品名	メーカー	説明	パッケージ名称	標準寸法 mm (inch)
1	C1,C2	2	1µF	—	—	セラミック、6.3 V、±10 %	—	0.6 x 0.3 (0201)
2	U1	1	—	TCR3UGxxx	TOSHIBA		WCSP4F	0.645 x 0.645

3. IoT 機器向け LDO の代表特性について

3.1. アクティブ状態の出力電圧の安定性 (負荷過渡応答特性)

IoT モジュールではセンシングしたデータなどを送信する際に使う RF-IC やパワーアンプで特に大きな電力を必要とするため、電源 IC に LDO を用いた場合、その出力電流は数 mA～数百 mA の範囲で急しゅんに変動することになります。そのため出力電流の変動に伴う出力電圧の変動を表す負荷過渡応答特性が重要となっております。負荷過渡応答特性のイメージを図 3.1 に示します。出力電圧の変動差が小さい程 良好な特性となります。

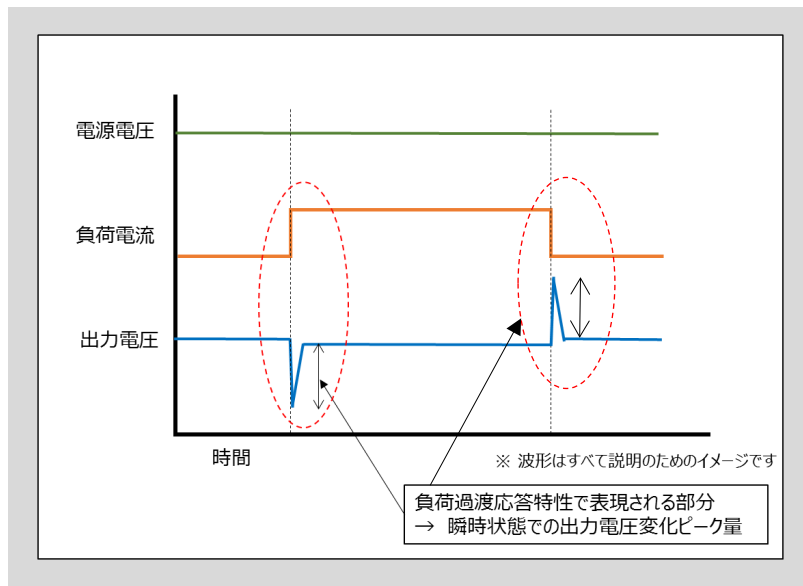


図 3.1 負荷過渡応答特性のイメージ図

TCR3UG シリーズではこの負荷過渡応答特性を出力電流が 1mA⇔50mA と変動した際に±60mV (typ.) と低く、例えば、出力電圧が 3.3V である TCR3UG33A は約±5%の電圧変動に抑えているため、安定した電圧供給を実現できます。(図 3.2 参照)

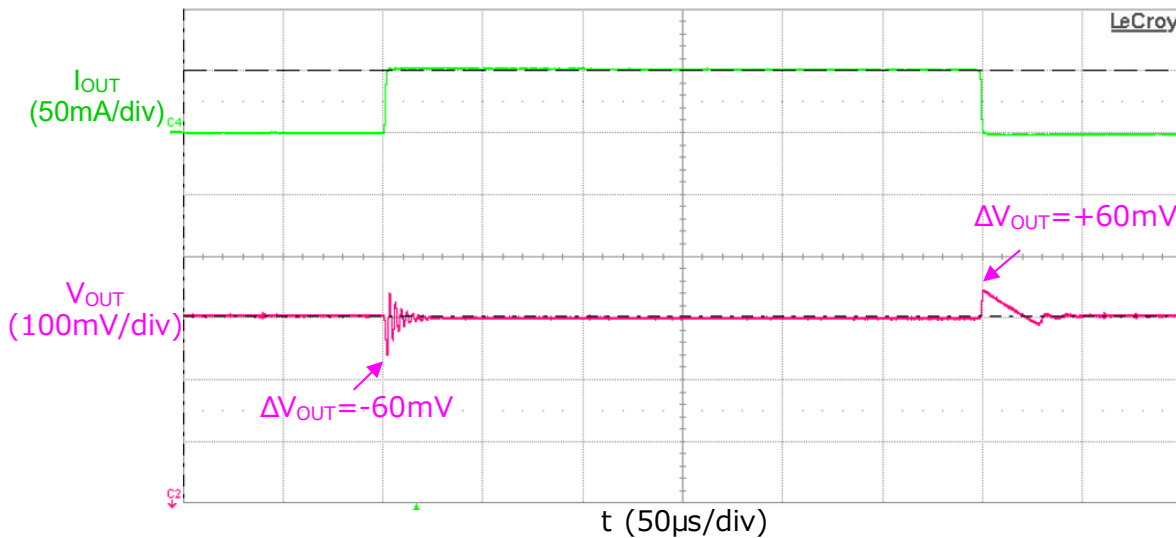


図 3.2 負荷過渡応答 (TCR3UG33A)

3.2. スタンバイやスリープ状態の低消費電流 (出力電流依存性)

IoT モジュールではスタンバイやスリープ動作時間を長く設定し、セット全体の省電力を実現しています。TCR3UG シリーズでは 0~20 μ A の出力電流で動作させているときのバイアス電流を 0.34~0.4 μ A 程度と低く抑えています。(図 3.3 参照)

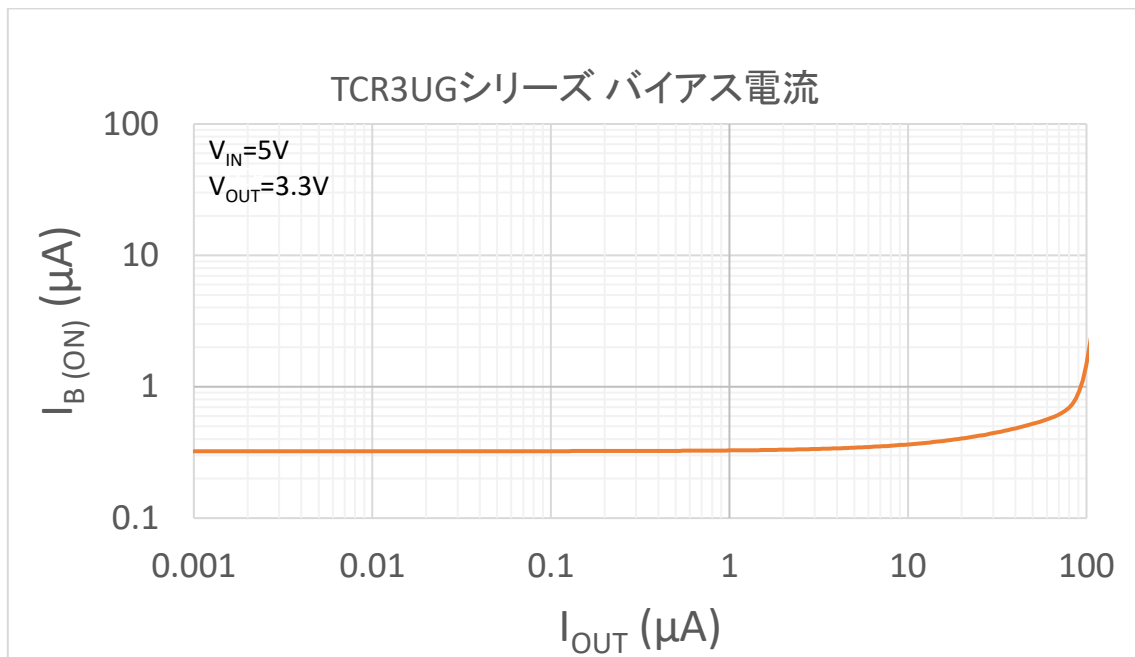


図 3.3 バイアス電流の出力電流依存性

3.3. スタンバイやスリープ状態の低消費電流 (入力電圧依存性)

従来の LDO レギュレータでは 規定の出力電圧 (TCR3UG33A であれば 3.3V) より低い入力電圧を印加した場合のバイアス電流は、規定の出力電圧を出力している時のバイアス電流と比較し増加していました。しかし、TCR3UG シリーズでは回路改善を行い低入力電圧時のバイアス電流も低減しています。そのため、規定の出力電圧より低い入力電圧時でも低バイアス電流で使用可能となっています。図 3.4 には TCR3UG シリーズと TCR2L シリーズとのバイアス電流比較波形を示します。

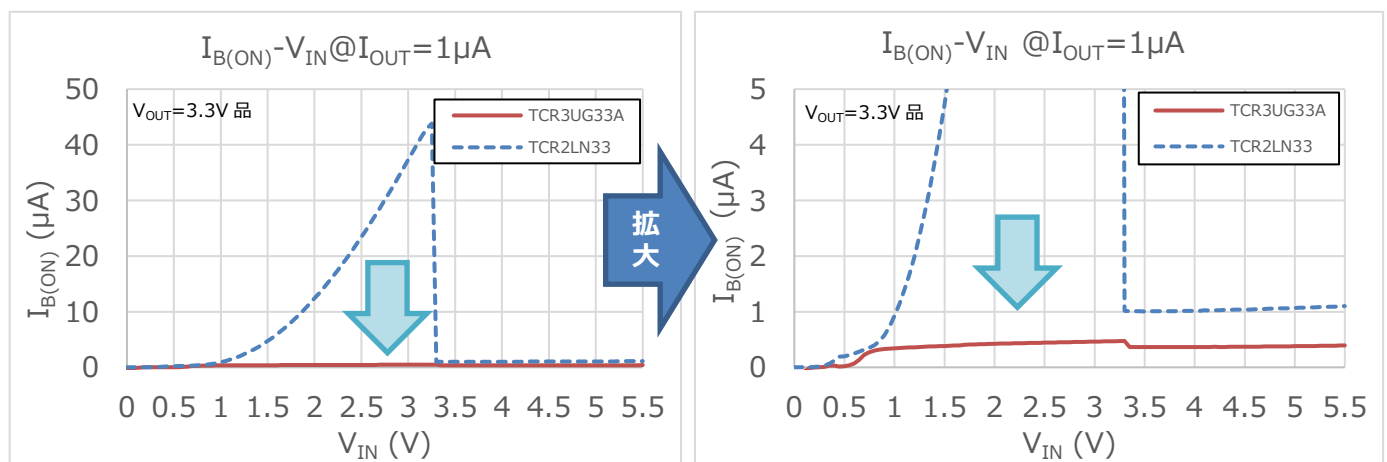


図 3.4 バイアス電流比較

更にこの特性を用いた応用的な使用法として、規定の出力電圧より高い入力電圧時には規定の出力電圧を出力し、規定の出力電圧より低い入力電圧では入力電圧をそのまま出力する過電圧保護ロードスイッチとしても使用可能です。このような使用方法をバイパスモードと言い、例えば IoT 機器のバッテリー電圧が下がった場合でも TCR3UG シリーズは消費電流の少ないスイッチとして使用可能です。この時、バイパスモードで使用できる入力電圧範囲の最小値は 1.5V です。図 3.5 に TCR3UG シリーズの入力電圧と出力電圧、消費電流の波形を示します。

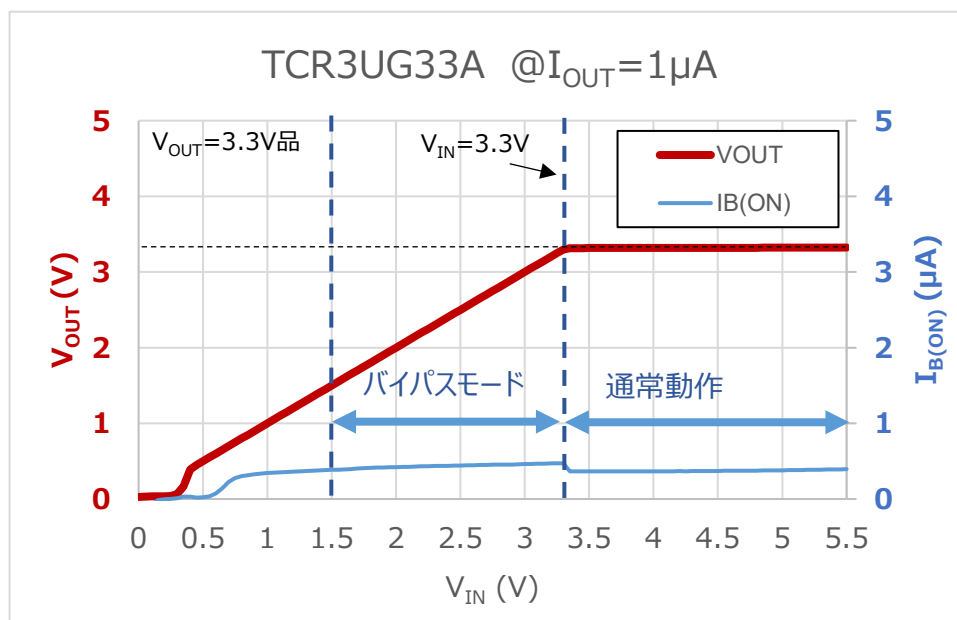


図 3.5 入力電圧-出力電圧、バイアス電流

TCR3UGシリーズのデータシートダウンロードはこちらから →

[Click Here](#)

4. 設計に際しての注意事項

- 入力、出力コンデンサについて
本製品はセラミックコンデンサが使用可能ですが、種類によっては非常に大きな温度特性を持つ場合もあります。コンデンサの選定にあたっては、使用環境を十分に考慮し、選定してください。また、セラミックコンデンサの ESR は 1Ω 以下のものを推奨いたします。また、安定動作のため、 $1 \mu\text{F}$ 以上のコンデンサの使用を推奨します。
- 実装について
より安定した電源にするため、出力コンデンサはできるだけ IC の近くに実装し、GND パターンはできるだけ大きくして配線インピーダンスを小さくしてください。
- 許容損失について
実使用状態における最大許容損失時に、本製品の温度定格を超えないようにできるだけ余裕を持った基板パターン設計をしてください。その際は周囲温度、入力電圧、出力電流等各種環境も考慮する必要があります。
- 過電流保護回路、過熱保護回路について
本製品はフォールドバックタイプの過電流保護回路、過熱保護回路を内蔵しておりますが、デバイスの動作を常に絶対最大定格内に抑える事を保証するものではありません。

5. 製品概要

5.1. TCR3UG シリーズ

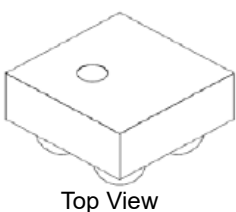
5.1.1. 特長

TCR3UG シリーズは超低バイアス電流、低ドロップアウト、コントロール端子付き、CMOS プロセスのシングル出力 LDO レギュレータです。出力電圧は電圧固定タイプで 0.8 V から 5.0 V まで設定可能であり、出力電流は最大 300 mA まで出力可能です。超小型パッケージを採用しながらも入出力電位差 155 mV（3.3 V 出力、 $I_{OUT}=300$ mA）の低ドロップアウト特性を実現しています。

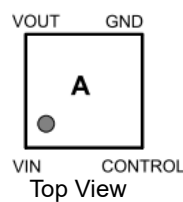
- 超小型パッケージ WCSP4F（0.645 mm x 0.645 mm（標準）；t 0.33 mm（最大））
- 低バイアス電流 $I_B=0.34$ μ A（標準） @ $I_{OUT}=0$ mA（出力電圧 1.5 V まで）
- 高リップル圧縮度 R.R.=70 dB（標準） @ 0.8 V 出力
- 高速負荷過渡応答 ± 60 mV @ 0.8 V 出力、 $I_{OUT}=1$ mA \Leftrightarrow 50 mA
- 低ドロップアウト電圧 $V_{DO} = V_{IN}-V_{OUT}=155$ mV（標準） @ 3.3V 出力、 $I_{OUT}=300$ mA
- 幅広い出力電圧ラインアップ $V_{OUT}=0.8\sim 5.0$ V、入力電圧範囲 1.5~5.5 V
- 高出力電圧精度 ± 1.0 %（ 1.8 V $\leq V_{OUT}$ ）
- オートディスチャージ機能内蔵（TCR3UGxxA シリーズ） / オートディスチャージ機能なし（TCR3UGxxB シリーズ）
- 過電流保護回路内蔵
- 過熱保護回路内蔵
- 突入電流抑制回路内蔵

5.1.2. 外観と端子配置

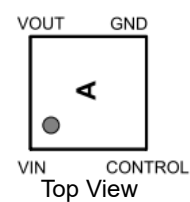
製品外観と現品表示



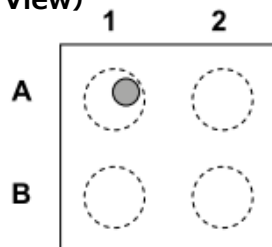
(例) TCR3UG08A (0.8 V 出力)の場合



(例) TCR3UG08B (0.8 V 出力)の場合



端子接続 (Top View)



	1	2
A	VIN	VOUT
B	CONTROL	GND

図 5.1 TCR3UG シリーズの製品外観、現品表示、端子接続

5.1.3. 製品一覧

表 5.1 製品一覧

品名	出力電圧 (V)	オートディスチャージ	現品表示	品名	出力電圧 (V)	オートディスチャージ	現品表示**
TCR3UG08A	0.8	Yes	A	TCR3UG08B	0.8	No	A
TCR3UG085A	0.85		B	TCR3UG085B	0.85		B
TCR3UG09A	0.9		C	TCR3UG09B	0.9		C
TCR3UG095A	0.95		D	TCR3UG095B	0.95		D
TCR3UG10A	1.0		E	TCR3UG10B	1.0		E
TCR3UG105A	1.05		F	TCR3UG105B	1.05		F
TCR3UG11A	1.1		H	TCR3UG11B	1.1		H
TCR3UG115A	1.15		J	TCR3UG115B	1.15		J
TCR3UG12A	1.2		K	TCR3UG12B	1.2		K
TCR3UG13A	1.3		L	TCR3UG13B	1.3		L
TCR3UG135A	1.35		M	TCR3UG135B	1.35		M
TCR3UG15A	1.5		N	TCR3UG15B	1.5		N
TCR3UG175A	1.75		P	TCR3UG175B	1.75		P
TCR3UG18A	1.8		R	TCR3UG18B	1.8		R
TCR3UG185A	1.85		S	TCR3UG185B	1.85		S
TCR3UG19A	1.9		T	TCR3UG19B	1.9		T
TCR3UG25A	2.5		U	TCR3UG25B	2.5		U
TCR3UG26A	2.6		V	TCR3UG26B	2.6		V
TCR3UG27A	2.7		W	TCR3UG27B	2.7		W
TCR3UG28A	2.8		X	TCR3UG28B	2.8		X
TCR3UG285A	2.85		Y	TCR3UG285B	2.85		Y
TCR3UG30A	3.0		0	TCR3UG30B	3.0		0
TCR3UG31A	3.1		1	TCR3UG31B	3.1		1
TCR3UG32A	3.2		2	TCR3UG32B	3.2		2
TCR3UG33A	3.3		3	TCR3UG33B	3.3		3
TCR3UG35A	3.5		4	TCR3UG35B	3.5		4
TCR3UG36A	3.6		5	TCR3UG36B	3.6		5
TCR3UG41A	4.1		9	TCR3UG41B	4.1		9
TCR3UG42A	4.2		6	TCR3UG42B	4.2		6
TCR3UG45A	4.5		7	TCR3UG45B	4.5		7
TCR3UG50A	5.0		8	TCR3UG50B	5.0		8

** 現品表示は左に 90°回転されています。

5.1.4. 端子説明

表 5.2 TCR3UG シリーズの端子説明

ピン番号	ピン名称	機能
A1	V _{IN}	電源入力端子。この端子の最大入力電圧は 5.5 V です。この端子には安定動作のため 1 μ F 以上（ESR 1 Ω 以下）のコンデンサを接続してください。
B1	CONTROL	出力 ON/OFF 制御端子。この端子に“High”を入力すると出力 ON になり、“Low”を入力すると出力 OFF になります。この端子は内部でプルダウン接続されています。
A2	V _{OUT}	出力端子。安定動作のため 1 μ F 以上（ESR 1 Ω 以下）のコンデンサの使用を推奨します。
B2	GND	グラウンド端子。

ご利用規約

本規約は、お客様と東芝デバイス&ストレージ株式会社（以下「当社」といいます）との間で、当社半導体製品を搭載した機器を設計する際に参考となるドキュメント及びデータ（以下「本リファレンスデザイン」といいます）の使用に関する条件を定めるものです。お客様は本規約を遵守しなければなりません。本リファレンスデザインをダウンロードすることをもって、お客様は本規約に同意したものとみなされます。なお、本規約は変更される場合があります。当社は、理由の如何を問わずいつでも本規約を解除することができます。本規約が解除された場合は、お客様は、本リファレンスデザインを破棄しなければなりません。またお客様が本規約に違反した場合は、お客様は、本リファレンスデザインを破棄し、その破棄したことを証する書面を当社に提出しなければなりません。

第1条 禁止事項

お客様の禁止事項は、以下の通りです。

1. 本リファレンスデザインは、機器設計の参考データとして使用されることを意図しています。信頼性検証など、それ以外の目的には使用しないでください。
2. 本リファレンスデザインを販売、譲渡、貸与等しないでください。
3. 本リファレンスデザインは、高低温・多湿・強電磁界などの対環境評価には使用できません。
4. 本リファレンスデザインを、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用しないでください。

第2条 保証制限等

1. 本リファレンスデザインは、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
2. 本リファレンスデザインは参考用のデータです。当社は、データおよび情報の正確性、完全性に関して一切の保証をいたしません。
3. 半導体素子は誤作動したり故障したりすることがあります。本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。また、使用されている半導体素子に関する最新の情報（半導体信頼性ハンドブック、仕様書、データシート、アプリケーションノートなど）をご確認の上、これに従ってください。
4. 本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断して下さい。当社は、適用可否に対する責任を負いません。
5. 本リファレンスデザインは、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
6. 当社は、本リファレンスデザインに関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をせず、また当社は、本リファレンスデザインに関する一切の損害（間接損害、結果的損害、特別損害、付随的損害、逸失利益、機会損失、休業損、データ喪失等を含むがこれに限らない。）につき一切の責任を負いません。

第3条 輸出管理

お客様は本リファレンスデザインを、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用してはなりません。また、お客様は「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守しなければなりません。

第4条 準拠法

本規約の準拠法は日本法とします。