

RAA207700GBM/7701GBM/7702GBM

Synchronous Buck Regulator with Internal Power MOSFETs

R07DS0891JJ0100
Rev.1.00
2014.05.27

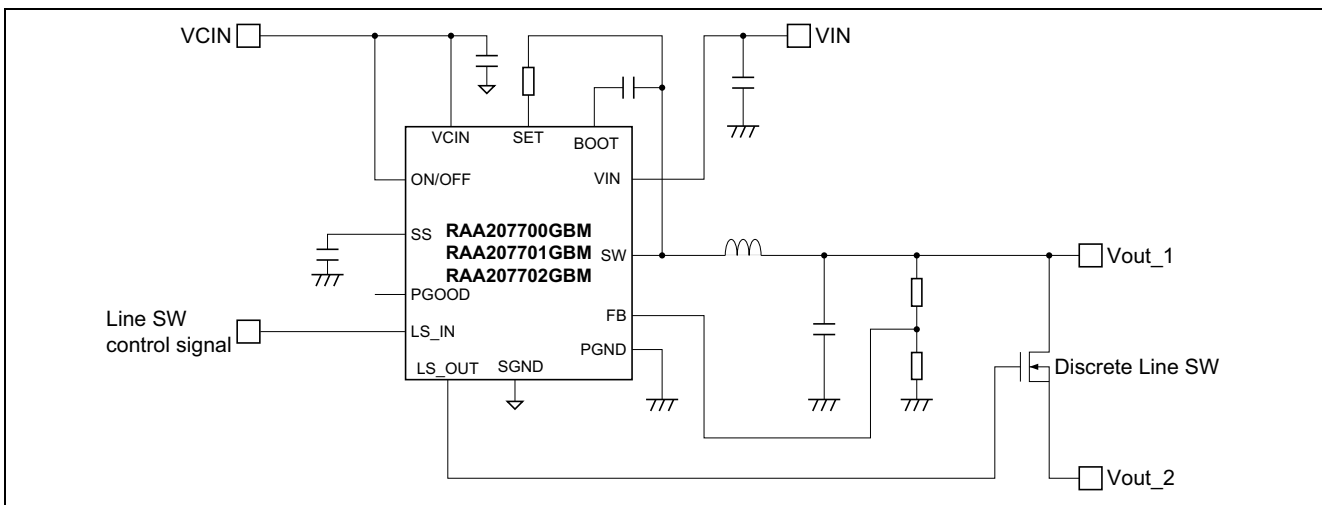
概要

RAA207700GBM シリーズは最大 15A の出力電流を供給可能な超小型/高効率のモノリシック同期整流式 DC/DC コンバータです。コンスタントオンタイム制御方式により高速過渡応答と外付け部品の削減が可能です。軽負荷時には電流不連続モードに入ることにより全電流領域において高い電源効率を実現します。IC シャットダウン時 0.1 μ A, 無負荷動作時 300 μ A の低スタンバイ電力ソリューションを実現できます。本機能を搭載した製品群として、出力電流範囲に応じて RAA207700GBM(15A), RAA207701GBM(10A), RAA207702GBM(5A) の 3 製品が選択可能です。

特長

- 入力電圧範囲: 3 V to 16 V
- 出力電圧範囲: 0.8V ~ 5.0V
- 制御方式: コンスタントオンタイム制御
- PC、サーバ、アミューズメント用途に最適化したパワー-MOSFET 内蔵
- シャットダウン時消費電流: 0.1 μ A(typ.)
- 無負荷動作時消費電流: 300 μ A(typ.)
- スイッチング周波数: 2MHz まで調整可能
- 最大出力電流: 15A (RAA7700GBM), 10A (RAA207701GBM), 5A (RAA207702GBM)
- 動作停止制御機能搭載: Remote ON/OFF
- パワーグッド出力機能搭載
- 過電流保護機能 (OCP) / 過電圧保護機能 (OVP) / 過熱停止機能 (TSD) 搭載
- ハイサイドドライバのブートストラップ用ショットキーバリアダイオード (SBD) 内蔵
- 期間調整可能なソフトスタート機能搭載
- 軽負荷時の超低消費電力モード搭載 (Enhanced light load mode)
- 低消費電流・高ドライブビリティのラインスイッチドライバ機能搭載
- 超小型パッケージ:
RAA207700GBM: WLCSP-35 (2.67mm × 3.87mm)
RAA207701GBM: WLCSP-30 (2.67mm × 3.37mm)
RAA207702GBM: WLCSP-20 (2.67mm × 2.37mm)
- 鉛フリー/ハロゲンフリー

アプリケーション例



ピン配置

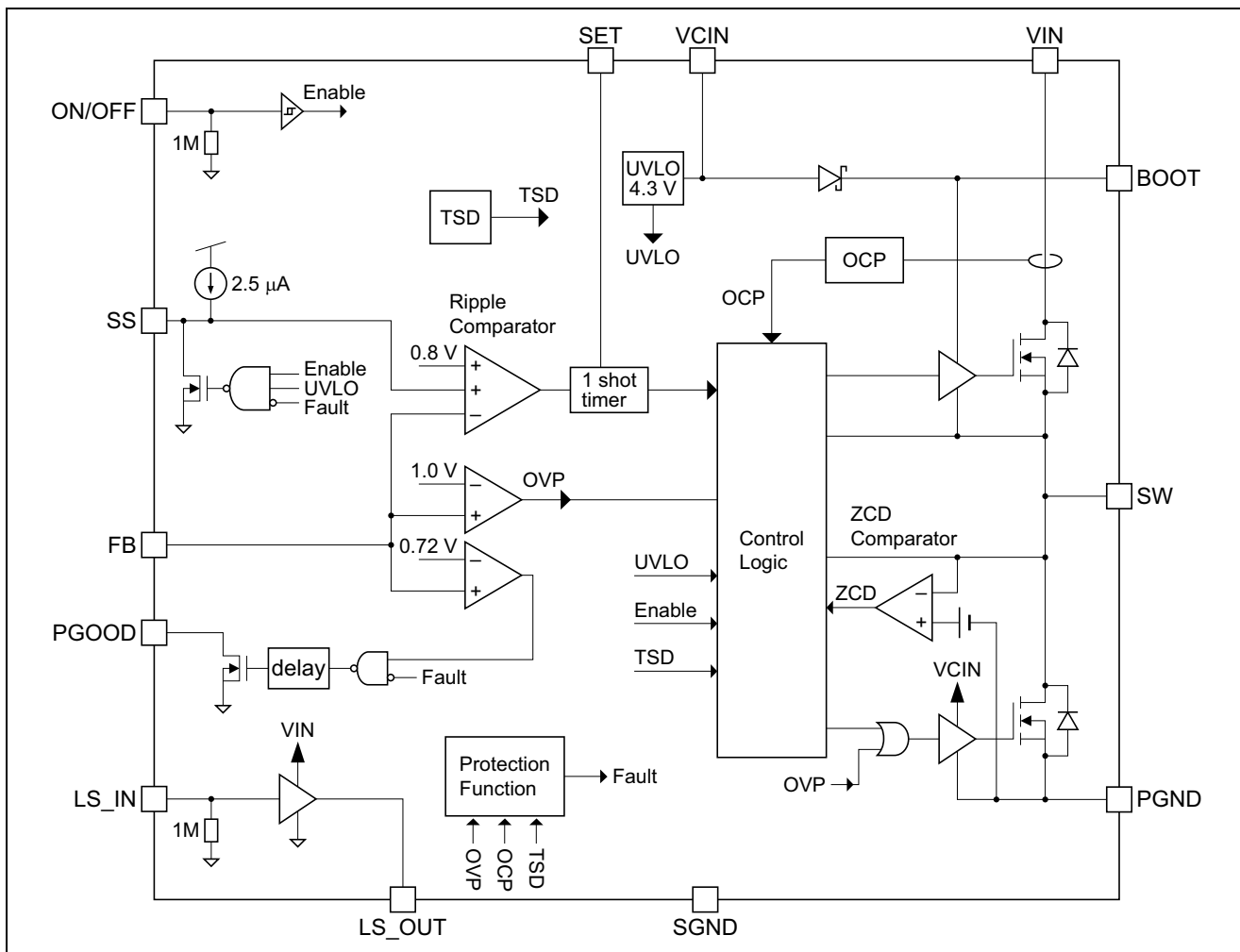


ピン説明

ピン名	ピン No.	ピン機能	説明
VCIN	1A	コントローラ電源端子	GND との間に標準 1 μ F のバイパスコンデンサを接続する必要があります。
SGND	2A	コントローラ GND	PCB パターン上で PGND と接続してください。
FB	3A	フィードバック入力端子	出力電圧分圧抵抗に接続してください。 出力電圧の調整に関する詳細は「出力電圧設定」の項を参照してください。
LS_IN	4A	ラインスイッチドライバ コントロール信号入力端子	使用方法の詳細は「ラインスイッチドライバ機能」の項を参照してください。
LS_OUT	5A	ラインスイッチドライバ出力端子	
BOOT	1B	ブートストラップ電圧端子	内蔵 SBD により VCIN から +5V 供給が供給されます。 標準 0.1 μ F のコンデンサと抵抗を直列に SW ノードに接続してください。 接続方法に関する詳細は「ブート(BOOT)抵抗値」の項を参照してください。
SET	2B	コンスタントオンタイム調整端子	抵抗を介して SW ノードに接続してください。コンスタントオンタイムの調整に使用されます。詳細は「スイッチング周波数、コンスタントオンタイム設定」の項を参照してください。
PGOOD	3B	パワーグッド出力端子	オープンドレインの出力端子です。 詳細は「パワーグッド(PGOOD)出力」の項を参照してください。
SS	4B	ソフトスタート期間調整端子	GND との間にコンデンサを接続してください。ソフトスタート期間の調整に使用されます。詳細は「ソフトスタート」の項を参照してください。
ON/OFF	5B	動作停止切り替え端子	"L"または"オープン"信号入力で IC が動作停止します。 ON/OFF 端子を別のコントローラでドライブする場合、立ち下げスルーレートに制限が必要です。詳細は「ON/OFF 端子 スルーレート制限」の項を参照してください。
VIN	—	VIN 入力端子	
SW	—	スイッチ出力端子	
PGND	—	パワーGND	PCB パターン上で SGND と接続してください。

【注】 1A-5A, 1B-5B の配置は RAA207700GBM, RAA207701GBM, RAA207702GBM 共通です。

ブロックダイアグラム



1. ON/OFF 端子真理値表

ON/OFF 入力電圧	IC 動作状態
"L"レベル	シャットダウン (動作停止)
"オープン"	シャットダウン (動作停止)
"H"レベル	起動 (通常動作)

2. ラインスイッチドライバ LS_IN 端子真理値表

LS_IN 入力電圧	LS_OUT 出力電圧
"L"レベル	GND
"オープン"	GND
"H"レベル	VIN

絶対最大定格

(Ta = 25°C)

項目	記号	定格値	単位	注
入力電圧	VIN	-0.3 ~ +20	V	1
スイッチノード電圧	SW	20(DC), 23(<10 ns)	V	1
ブート端子電圧	VBOOT	25(DC), 28(<10 ns)	V	1, 2
コントローラ電源電圧	VCIN	-0.3 ~ +6	V	1
入力端子電圧 (FB, LS_IN)	V _{INPUT}	-0.3 ~ VCIN +0.3	V	1, 4
ON/OFF 端子電圧	V _{ON/OFF}	-0.3 ~ VIN	V	1
SET 端子電圧	V _{SET}	-0.3 ~ VIN	V	1
PGOOD 端子電圧	V _{PGOOD}	-0.3 ~ VIN	V	1
PGOOD 端子電流	I _{PGOOD}	+2	mA	3
動作接合温度	Tj-opr	-40 ~ +125	°C	
保存温度	Tstg	-55 ~ +150	°C	

- 【注】 1. 定格電圧は、SGND および PGND 端子を基準とします。
 2. BOOT - VCIN < 20 V
 3. 定格電流は、IC に流れ込む方向を(+)、吐き出す方向を(-)とします。
 4. VCIN + 0.3 V < 6 V

熱抵抗参考値

項目	記号	品名	数値	単位	注
熱抵抗 (評価ボード実装時のジャンクションから空気までの値)	θj-a	RAA207700GBM	27	°C/W	1
		RAA207701GBM	33		
		RAA207702GBM	39		

- 【注】 1. ルネサス評価ボード実装状態での測定値です。保証値ではありません。

推奨動作範囲

項目	記号	定格値	単位	注
入力電圧	VIN	3.0 ~ 16	V	
コントローラ電源電圧	VCIN	4.5 ~ 5.5	V	
定常出力電流	IOUT	0 ~ 15 0 ~ 10 0 ~ 5	A	15 A: RAA207700GBM 10 A: RAA207701GBM 5 A: RAA207702GBM

電気的特性

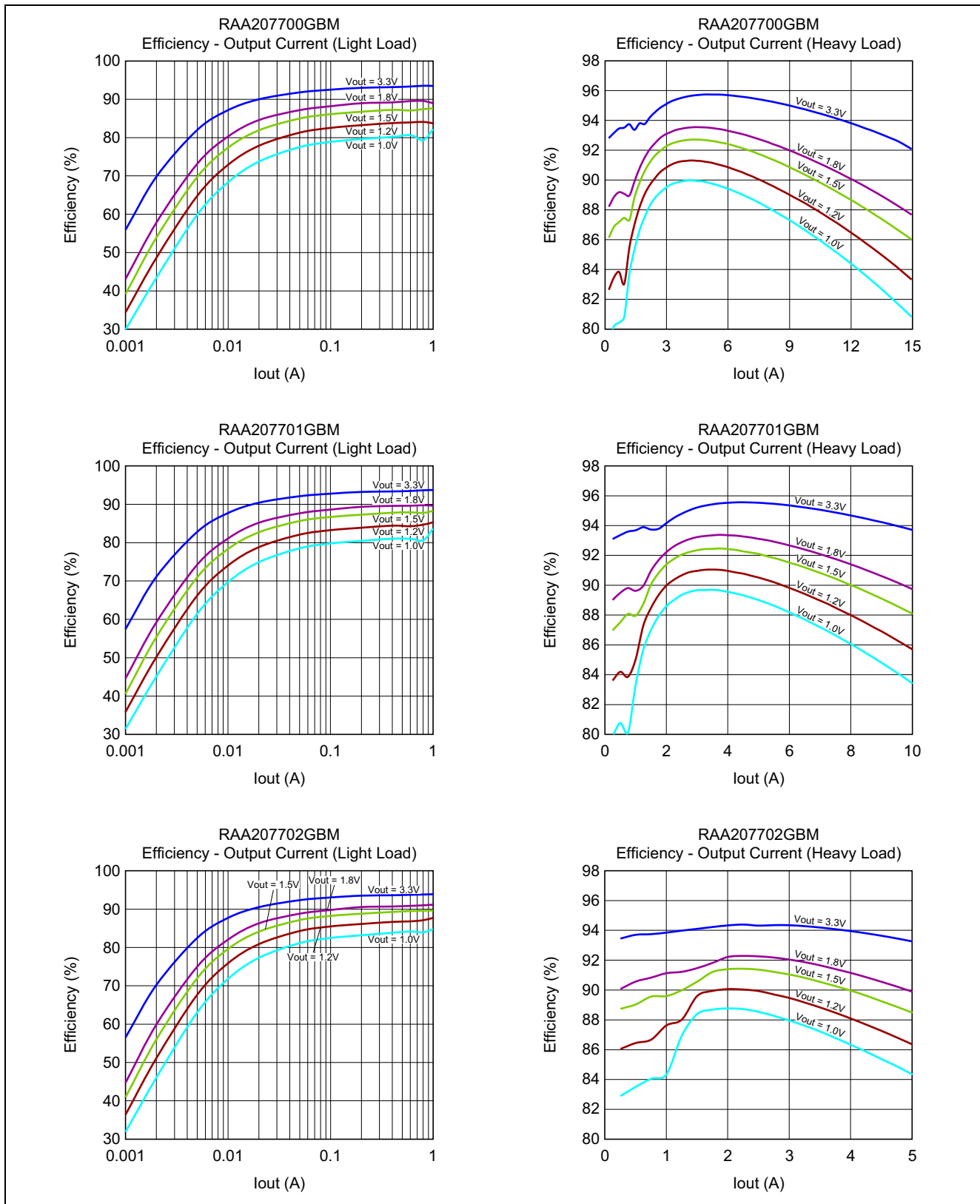
(Ta = 25°C, VCIN = 5 V, VIN = 12 V, 特記なき場合)

項目	記号	Min	Typ	Max	単位	測定条件	
Supply	VCIN 動作開始電圧	V _H	—	4.3	4.5	V	
	VCIN 動作停止(UVLO)電圧	V _{LCCM}	3.6	3.8	—	V	
	VCIN 動作停止(UVLO)電圧 (ELL モード時)	V _{LDCM}	—	3.0	3.6	V	ELL モード (DCM, f _{SW} < 100 kHz)
	VCIN ELL モード時消費電流	I _q	—	300	450	μA	無負荷時、ELL モード
	VCIN 消費電流 (RAA207700GBM)	I _{CIN}	—	40	—	mA	f _{SW} = 1 MHz, ton = 200 ns *1
	VCIN 消費電流 (RAA207701GBM)	I _{CIN}	—	35	—	mA	
	VCIN 消費電流 (RAA207702GBM)	I _{CIN}	—	20	—	mA	
	VCIN Disable 時消費電流	I _{VCIN-DISBL}	—	0.1	5	μA	ON/OFF = 0 V, LS_IN = 0 V
	VIN Disable 時消費電流	I _{VIN-DISBL}	—	0.1	5	μA	
Remote ON/OFF	Disable 電圧	V _{DISBL}	—	—	0.6	V	3.3 / 5.0 V インタフェース
	Enable 電圧	V _{ENBL}	2.0	—	—	V	
	入力抵抗	R _{DISBL}	0.7	1	1.3	MΩ	
Line_SW input	ラインスイッチ OFF 電圧	V _{LSIN_OFF}	—	—	0.6	V	3.3 / 5.0 V インタフェース
	ラインスイッチ ON 電圧	V _{LSIN_ON}	2.0	—	—	V	
	入力抵抗	R _{LS_IN}	0.7	1	1.3	MΩ	
Line_SW output	ラインスイッチ ON 時出力電圧	V _{LSW_ON}	VIN-0.5	VIN	—	V	LS_IN = 5 V
	ラインスイッチ OFF 時出力電圧	V _{LSW_OFF}	—	—	0.1	V	LS_IN = 0 V
	ラインスイッチ ON 時ソース電流	I _{LSW_SOURCE}	—	25	—	mA	VIN = 12 V, LS_IN = 5 V
	ラインスイッチ OFF 時シンク電流	I _{LSW_SINK}	—	25	—	mA	VIN = 12 V, LS_IN = 0 V
	ラインスイッチ ON Propagation Delay	T _{PLSWON}	—	300	—	ns	LSIN to LSOUT rising
	ラインスイッチ OFF Propagation Delay	T _{PLSWOFF}	—	300	—	ns	LSIN to LSOUT falling
	ラインスイッチドライブ電流	I _{IN-LS}	—	8	20	μA	LS_IN = 5 V
FB	FB コンパレータ閾値電圧	V _{FB_COMP}	792	800	808	mV	
	入力電流	I _{FB_IN}	-0.1	0	+0.1	μA	FB = 1 V
1shot timer	High-MOSFET オンパルス幅	P _W	170	210	250	ns	VIN = 12 V, Rset = 30 kΩ *1
	最小オフパルス幅	P _{MIN_OFF}	—	50	—	ns	
Power good indicator	パワーグッド検出時 FB 電圧	V _{PG_rise}	0.67	0.72	0.77	V	
	ヒステリシス	dV _{PG}	—	50	—	mV	
	入力抵抗	R _{PG}	0.25	0.5	1	kΩ	FB = 0 V
Soft start	ソフトスタートバイアス電流	I _{SS}	1.8	2.5	3.3	μA	
Over voltage protection	OVP 動作停止時 FB 電圧	V _{OVP}	0.95	1.00	1.05	V	
Over current protection	OCP 動作停止電流 (RAA207700GBM)	I _{OCP}	16.0	20.0	24.0	A	IC 内部固定値 インダクティブピーク電流検出 *1
	OCP 動作停止電流 (RAA207701GBM)	I _{OCP}	11.5	14.0	17.0	A	IC 内部固定値 インダクティブピーク電流検出 *1
	OCP 動作停止電流 (RAA207702GBM)	I _{OCP}	6.4	8.0	9.6	A	IC 内部固定値 インダクティブピーク電流検出 *1
Over temperature protection	過熱停止温度	T _{TSD}	130	150	—	°C	*1
	ヒステリシス	T _{hys}	—	15	—	°C	*1

【注】 *1 設計参考値です。出荷時に全数試験はしません。

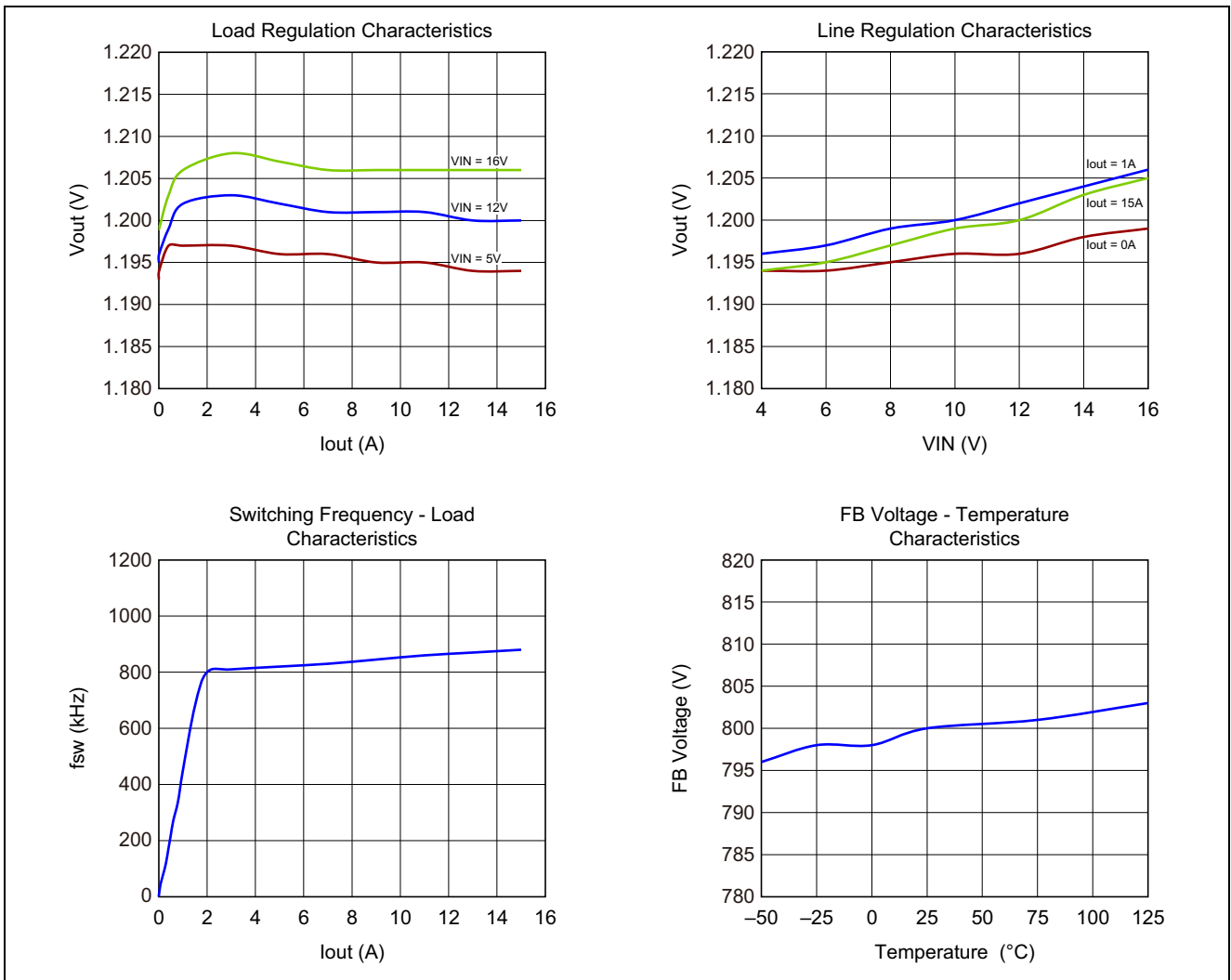
電源効率特性

(VIN = 12 V, L = 1 μ H, fsw = 500 kHz (at CCM) no airflow, 特記なき場合)



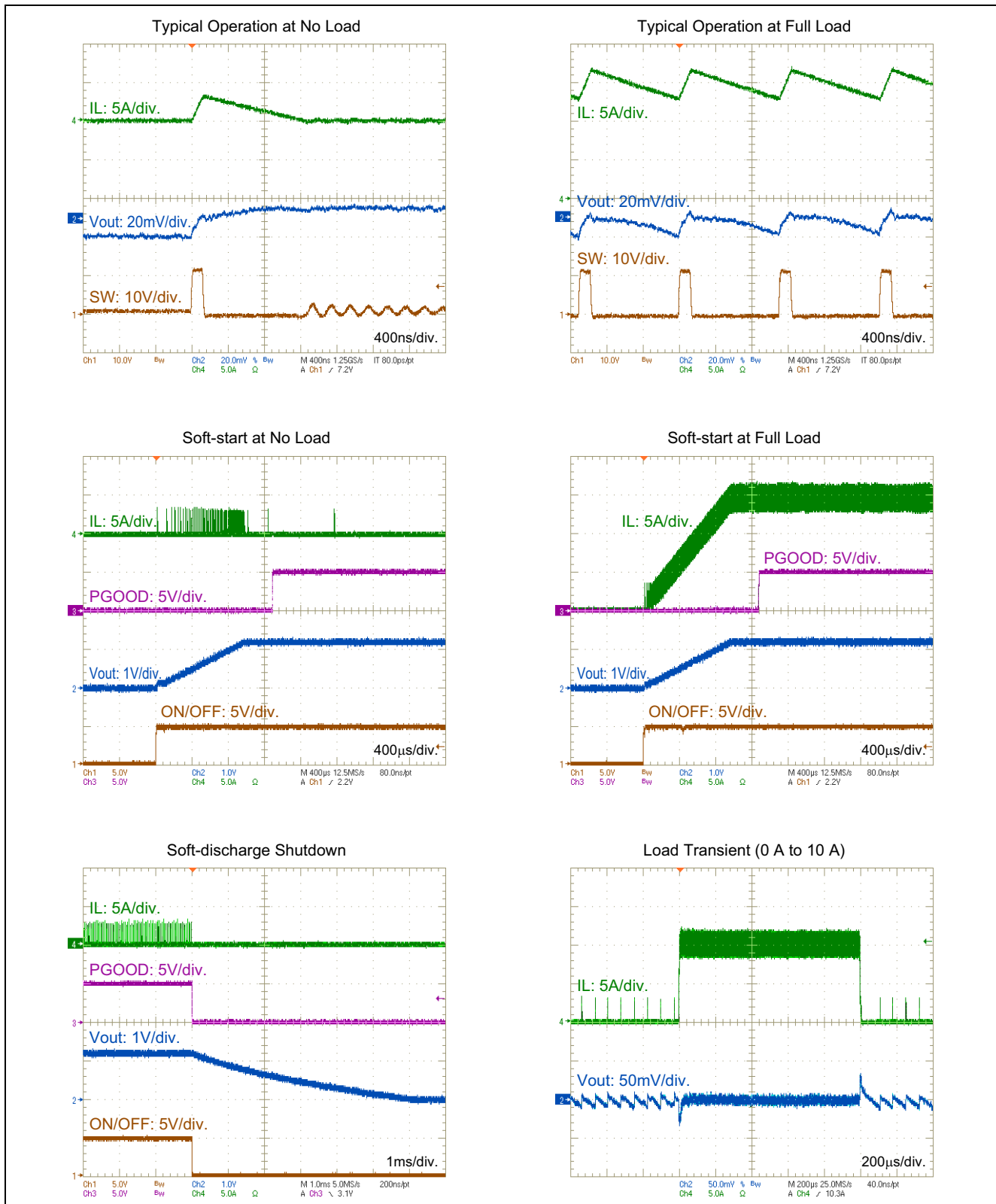
各種動作特性

(RAA207700GBM, VIN = 12 V, Vout = 1.2 V, L = 0.42 μH, Cout = 5 × 47 μF, ton = 130 ns, 特記なき場合)



各種動作波形

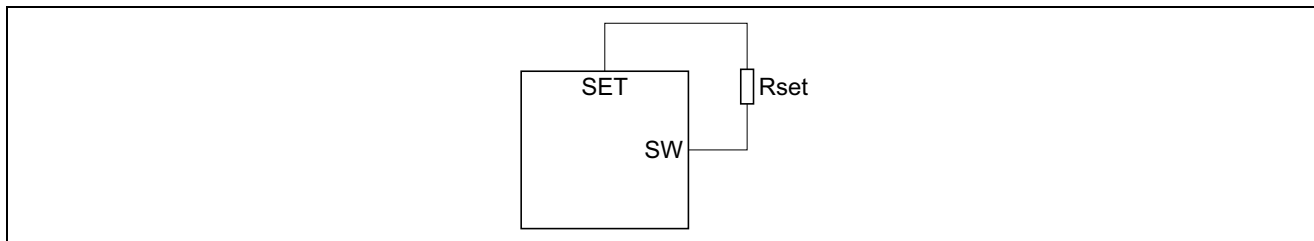
(RAA207700GBM, VIN = 12 V, Vout = 1.2 V, L = 0.42 μH, Cout = 5 × 47 μF, ton = 130 ns, 特記なき場合)



動作説明

RAA207700GBMシリーズは、コンスタントオンタイム (Constant on Time/COT) 制御方式を採用しており、DC/DC コンバータの出力は、インダクタのリップル電流と出力容量の ESR・ESL により決まる出力電圧リップルによって制御されます。ハイサイド MOSFET のオン時間は回路内部の 1 shot timer により決まります。ハイサイド MOSFET がオフすると、FB 端子電圧が基準値に下がるまでローサイド MOSFET がオンします。軽負荷モードでは、ローサイド MOSFET のオン時間はインダクタのゼロ電流により決まります。

スイッチング周波数、コンスタントオンタイム設定



CCM でのスイッチング周波数 f_{sw} は下記の式より求められます。

$$\text{スイッチング周波数: } f_{sw} = \frac{V_{out}}{V_{IN}} \times \frac{1}{t_{on}} \text{ [Hz]} \dots (1)$$

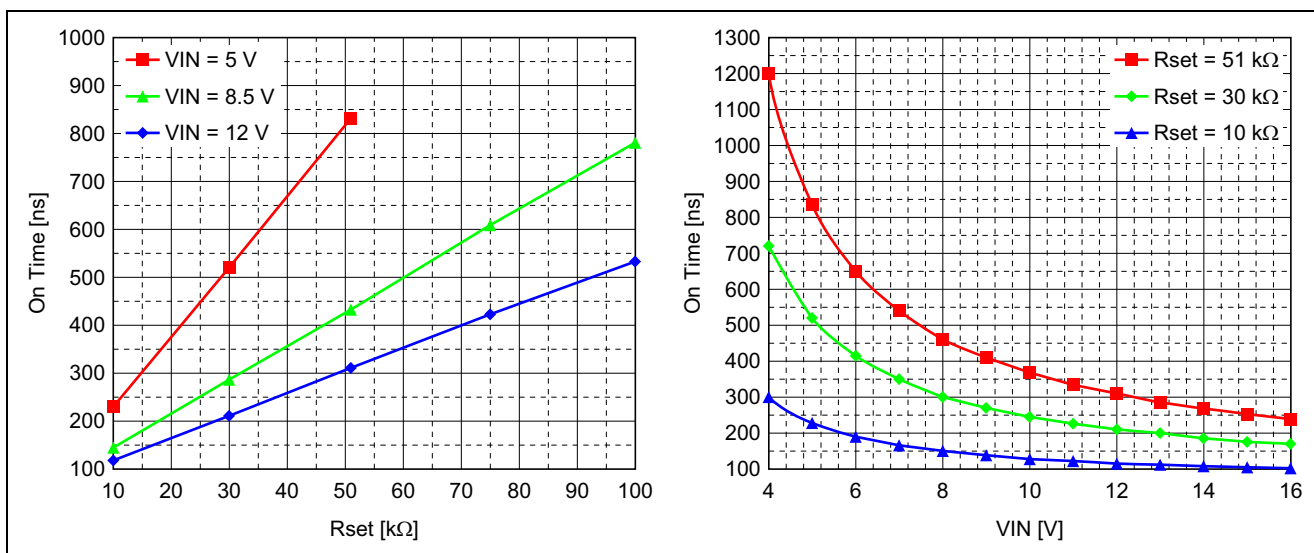
ここで、 t_{on} はハイサイド MOSFET のオン時間であり、下記の式より求められます。

$$\text{オン時間パルス: } t_{on} = \frac{50\text{pF} \times 1\text{V}}{V_{IN} - 2.0\text{V}} \times R_{set} + 60\text{ns} \text{ [s]} \dots (2)$$

上記の式より、 t_{on} は V_{IN} によって変化するため、スイッチング周波数は V_{IN} が変化してもほぼ一定の値を保ちます。この方式はバッテリーアプリケーション等に最適です。

式(1)(2)より、設定条件 V_{IN} , V_{out} , f_{sw} に対して、 R_{set} は下記の式により算出できます。

$$R_{set}: R_{set} = \left(\frac{V_{out}}{V_{IN} \times f_{sw}} - 60\text{ns} \right) \times \frac{V_{IN} - 2.0\text{V}}{50\text{pF} \times 1\text{V}} \text{ [\Omega]} \dots (3)$$



最小のオン時間は 70ns(typ.) で、推奨オン時間は 100ns 以上となります。最大動作周波数は最小オン時間とオフ時間(50ns typ、次項参照) により制限されます。

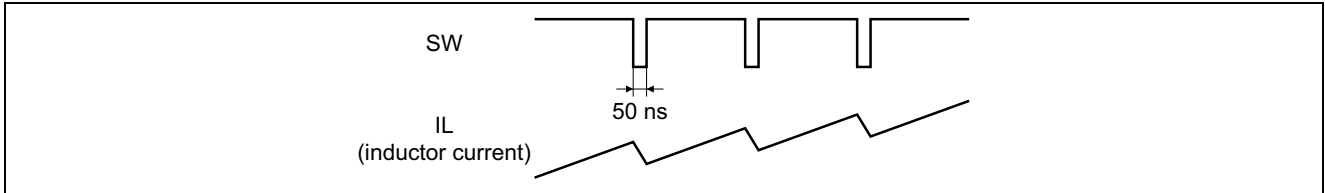
最大デューティ動作

最大デューティは下記の式より制限されます。

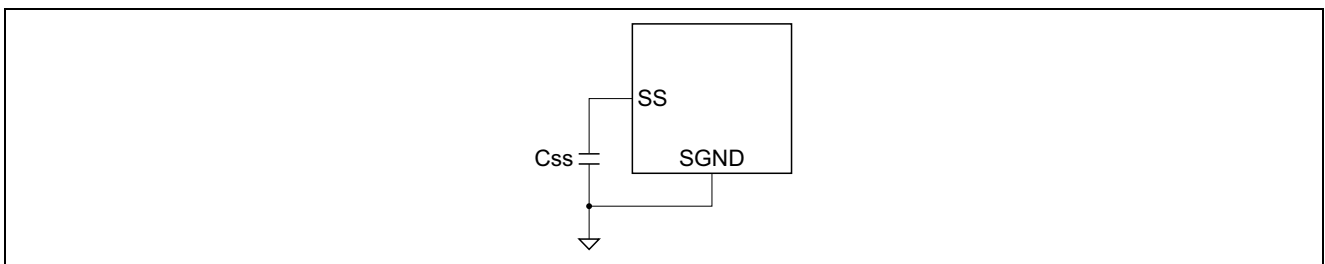
$$\text{最大デューティ: } \text{Duty} = 1 - 50\text{ns} \times f_{\text{SW}} \text{ [%] ... (4)}$$

ここで、50ns はハイサイド MOSFET の最小オフ時間を表します。

ハイサイド MOSFET のオン時間が終了した後も FB 電圧が Vref に到達しない場合、次のスイッチングが開始されます。特に、出力負荷の過渡増加時にこの状態になります。



ソフトスタート



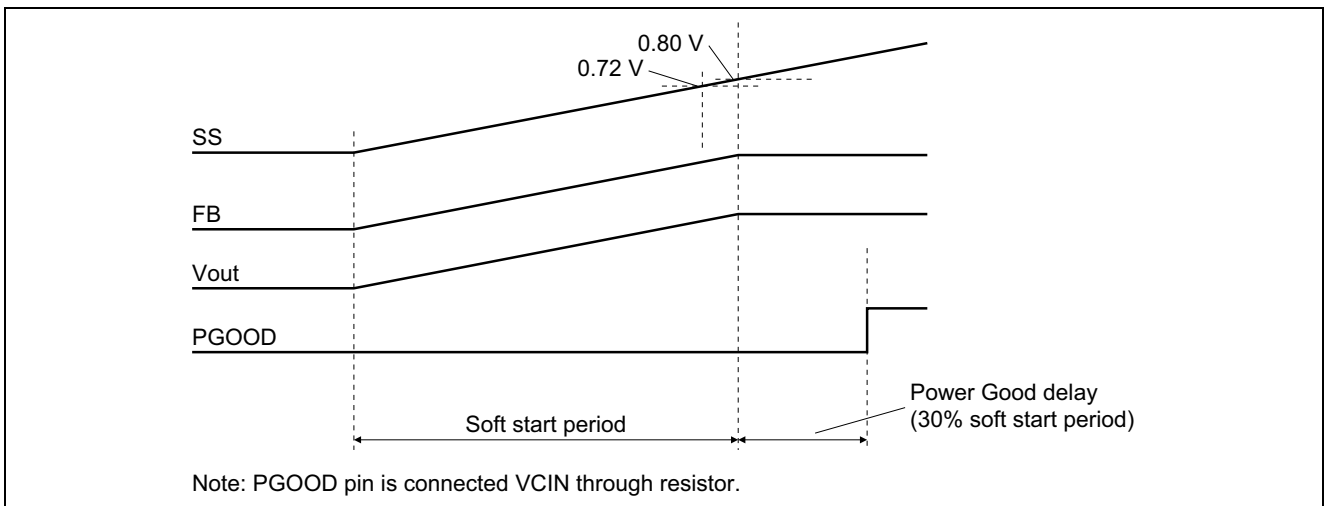
ソフトスタート期間は外部容量(C_{css})で調整可能です。DC/DC コンバータの動作開始時、SS 端子から 2.5μA の電流が流れ、SS と GND の間の容量が充電されます。ソフトスタート期間は下記の式により算出できます。

$$\text{ソフトスタート期間: } T_{\text{SS}} = \frac{C_{\text{css}} \times 0.8\text{V}}{2.5\mu\text{A}} \text{ [s] ... (5)}$$

ここで、0.8V は内部の基準電圧を表します。ソフトスタート期間では、起動時に出力にあらかじめ電圧が残っているプリバイアス状態での急激な放電を防止するために IC は DEM (Diode Emulation Mode) で動作します。起動シーケンスの詳細に関しては「起動シーケンス」の項を参照してください。

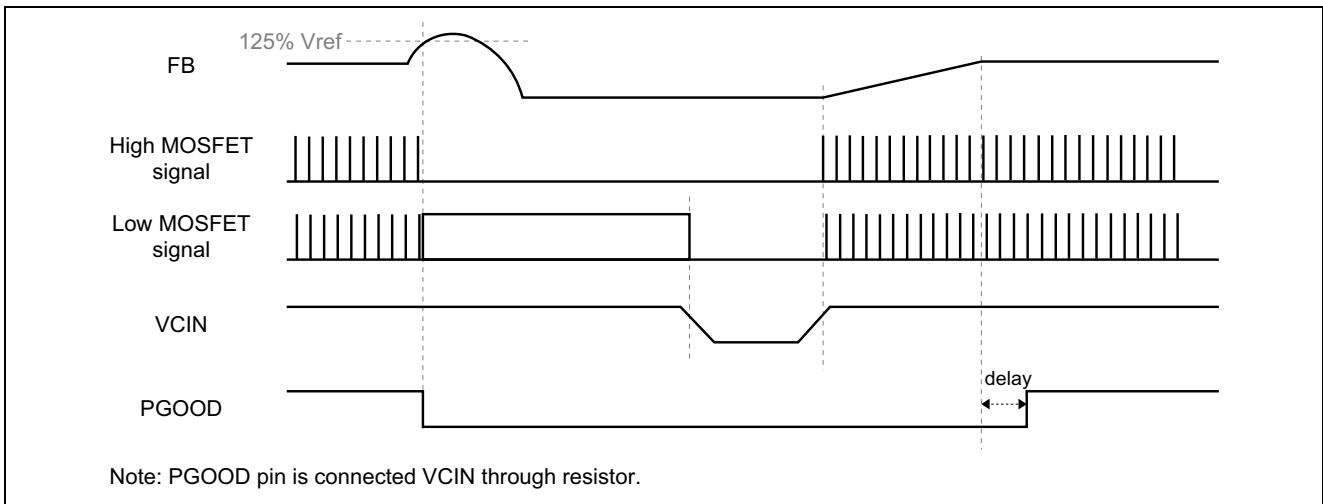
パワーグッド (PGOOD) 出力

複数の DC/DC コンバータの立ち上がり/立ち下がりタイミングの制御は PGOOD 信号を利用することで実現可能です。FB 端子電圧は PGOOD コンパレータで内部基準電圧(0.72V)と比較され、FB 端子電圧が基準電圧(0.8V)の 90%(0.72V)に達した場合、PGOOD は Enable となります。この際安定制御のために Vout の立ち上がりから一定の遅延時間が設けられており、ソフトスタート期間の 30%分遅延して PGOOD はハイインピーダンスになります。また、UVLO、OVP、OCP、TSD いずれかの状態では、PGOOD 端子は Low となります。



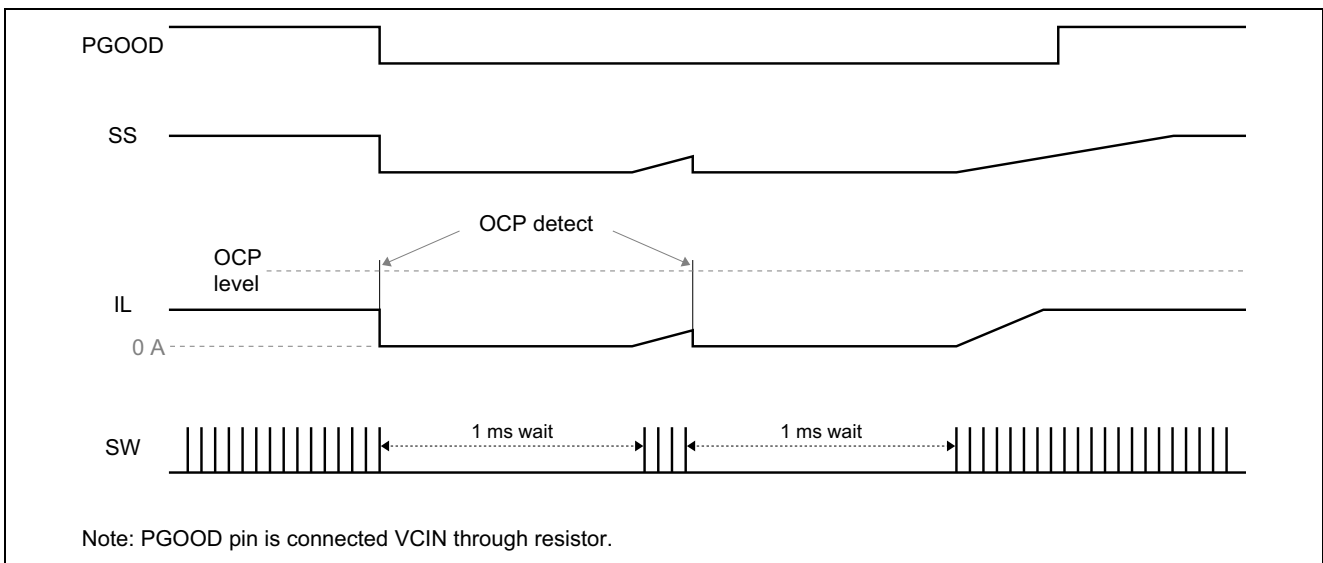
過電圧保護 (OVP)

FB 端子電圧が基準電圧(0.8V)の 125%(1.00V)に達した場合、スイッチング動作を停止し、ローサイド MOSFET をラッチし、SW と GND を短絡します。VCIN を UVLO 電圧(3.8V typ.)以下にした後、電源を再投入すると OVP は解除されます。UVLO に関しては「低電圧誤動作防止機能 (UVLO)」の項を参照してください。



過電流保護 (OCP)

過電流検出回路は、ハイサイド MOSFET のドレイン-ソース間電流を監視します。この電流値が OCP レベルを 4 回連続で超えると、IC は Hiccup 動作を開始します。Hiccup 動作に入ると、スイッチングが停止し、IC 内部の 1ms タイマが動作します。1ms タイマ終了後、IC は再びソフトスタート状態から動作を開始します。ソフトスタート期間中に OCP を検出した場合、再び Hiccup 動作が開始します。



過熱停止機能 (TSD)

IC 内部の温度センサでジャンクション温度を監視します。ジャンクション温度が 150°C を超えた場合、スイッチングを停止します。ジャンクション温度が 135°C まで下がると、IC は再びソフトスタート状態からスイッチングを開始します。(ラッチ動作なし)

軽負荷パワーセーブ機能 (ELL)

軽負荷時、IC は DEM (Diode Emulation Mode) で動作します。軽負荷での更なる効率改善のため、IC は軽負荷状態を自動的に検知し、ELL (Enhanced Light Load) モードに入ります。ELL モードでは、IC のバイアス電流が小さくなるため、消費電力を抑えることができます。

低電圧誤動作防止機能 (UVLO)

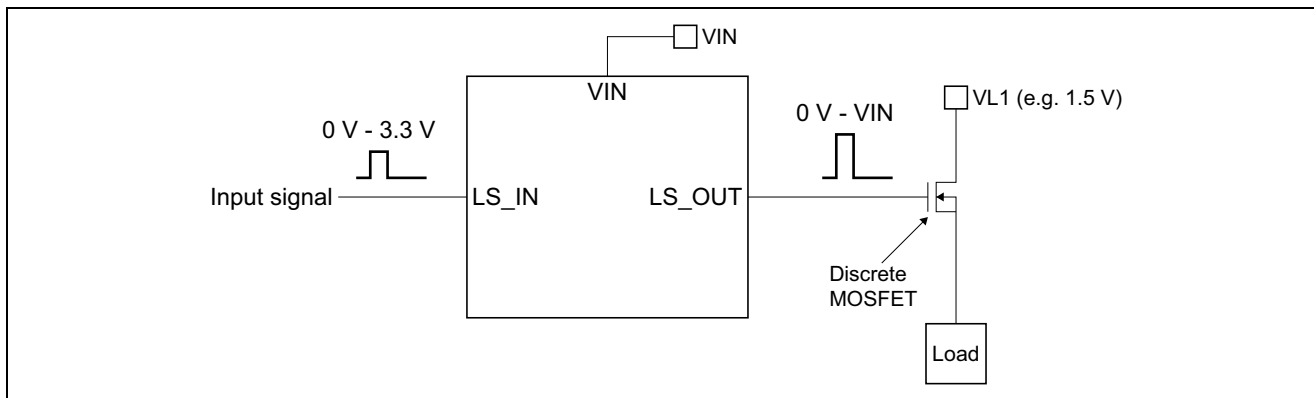
VCIN には UVLO (Under Voltage Lock Out)機能が内蔵されており、起動時、設定された UVLO 解除電圧(4.0V typ.)に達するまで内部回路を待機させ、誤動作を防止します。一旦 UVLO を解除しますと、VCIN が UVLO 電圧(3.8V typ.)以下になるまで IC は Enable 状態となり、UVLO 電圧を下回ると再び Disable 状態となります。

ラインスイッチドライバ機能

RAA207700GBM シリーズはレギュレータと独立した機能として、高ドライブビリティのラインスイッチドライバ機能を搭載しています。ラインスイッチドライバはゲート容量が大きな MOSFET を低消費電流で駆動することが可能です。(LS_IN = "H", VIN = 12V 条件における消費電流は 8 μ A です。LS_IN = "L"のときは電流を消費しません。)

● アプリケーション例(1) ラインスイッチ用パワー-MOSFET 駆動

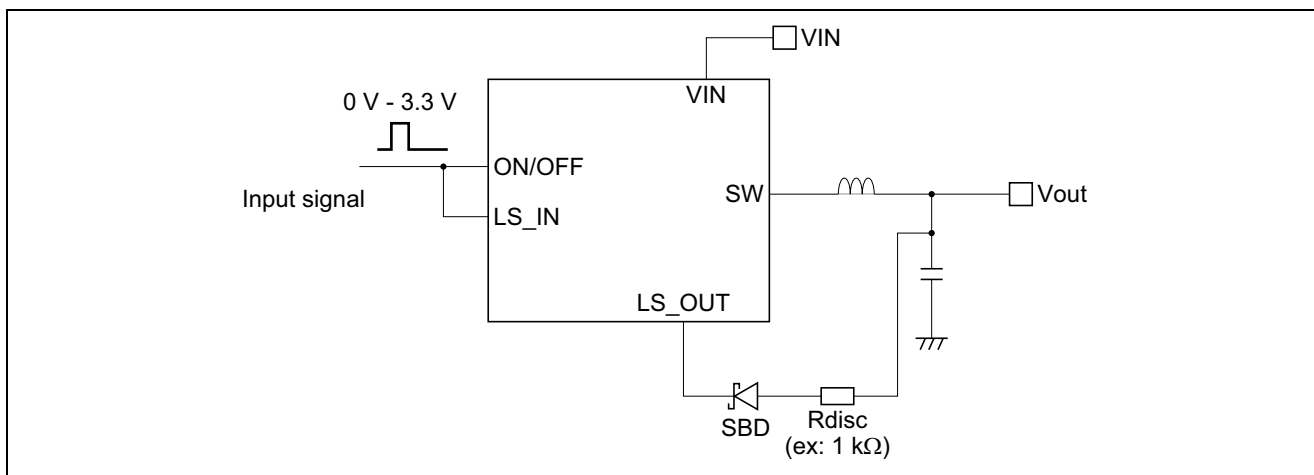
ラインスイッチドライバの標準的な使用方法です。電源制御としてのラインスイッチ用途に使われる外付けパワー-MOSFET を駆動します。本機能を用いることで、ラインスイッチの低消費電流制御が可能になります。



● アプリケーション例(2) 出力電圧急速放電機能

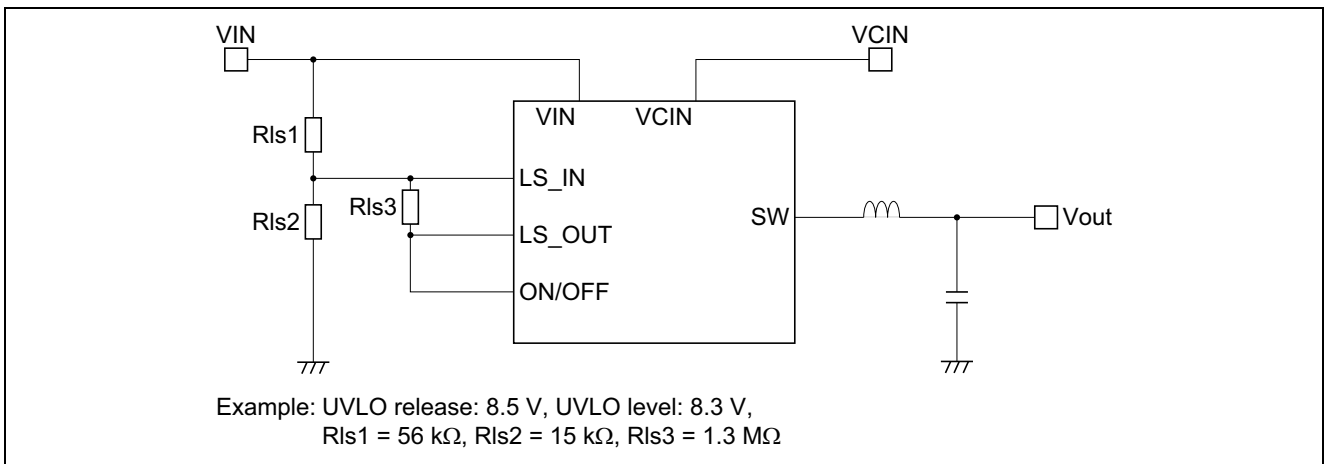
ON/OFF に "L" 信号が印可された時の、出力電圧の急速放電機能として利用することが可能です。配線例は下図を参照してください。ON/OFF 端子に "H" 信号が印可されると、IC は電源動作を開始し、LS_OUT には VIN 電圧が出力されます。この時、LS_OUT から Vout へ電流を流さないために、ショットキーバリアダイオード(SBD)、またはダイオードの接続が必要です。ON/OFF 信号が "L" に切り替わると Vout の電荷は SBD を介して LS_OUT へ放電されます。

放電時間と放電スルーレートを制御するには、Vout と LS_OUT の間の抵抗値を調整してください。



● アプリケーション例(3) シーケンスフリースタートアップ (VIN 電圧の UVLO 機能の追加)

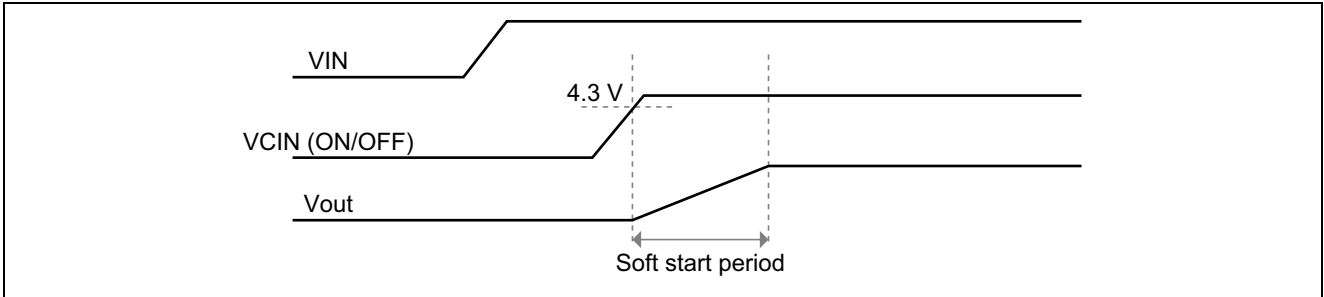
RAA207700GBM シリーズは VIN に UVLO 機能を内蔵していないため、電源投入時の起動シーケンス設定が必要です (詳細は「起動シーケンス」の項を参照してください)。ラインスイッチ機能を利用することにより、この VIN の UVLO 機能を追加することができます。配線例は下図を参照してください。R1s1 と R1s2 は UVLO 電圧設定用、R1s3 はヒステリシス設定用として働きます。レベルを調整するには各抵抗値を調整してください。



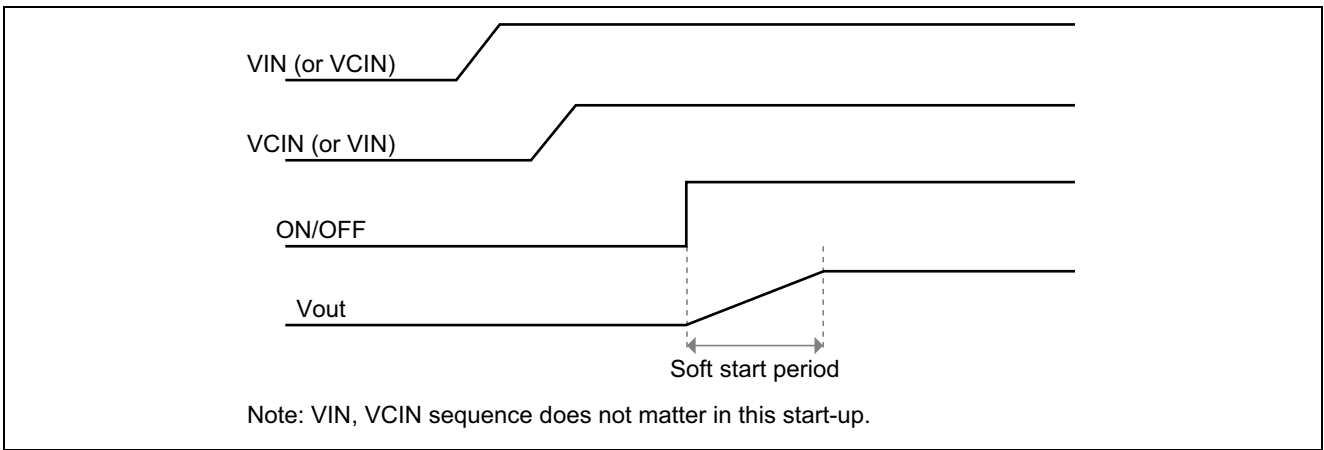
起動シーケンス

RAA207700GBM シリーズは電源投入時の起動シーケンスの設定が必要です。下記のように電源立ち上げシーケンスを設定してください。ON/OFF 入力後に VIN を入力すると、IC は立ち上がりません。

(1) VIN to VCIN & ON/OFF (ON/OFF を VCIN にプルアップする場合)

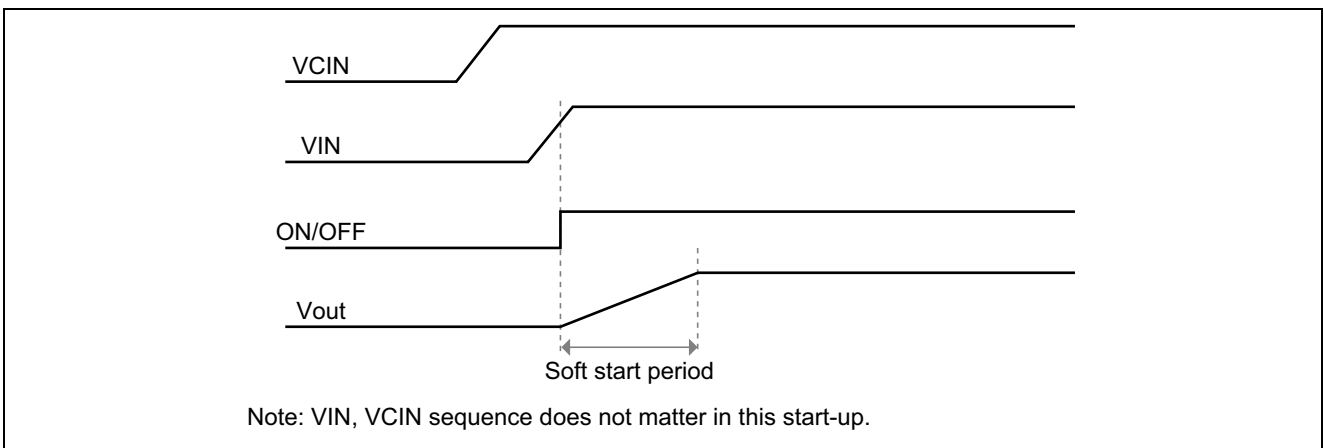


(2) VIN or VCIN to ON/OFF (VIN & VCIN の立ち上げ後に ON/OFF="H"を入力する場合)



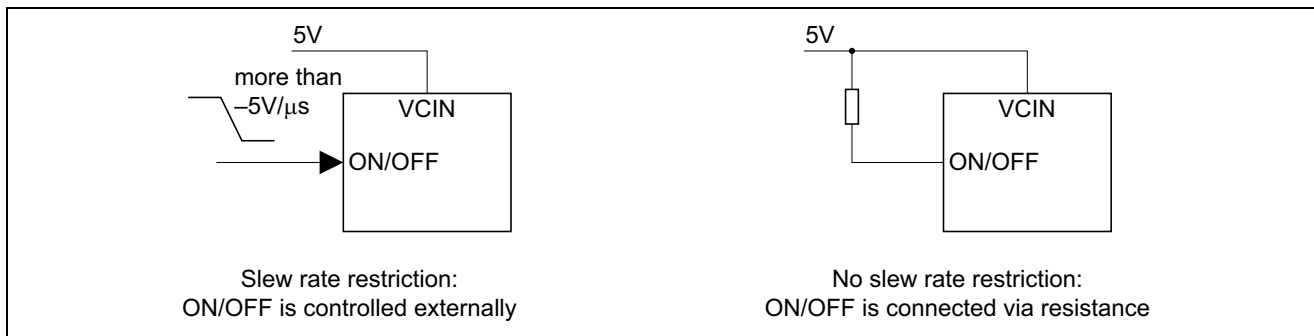
(3) VCIN to VIN (ON/OFF) (ラインスイッチドライバ機能を利用し VIN の UVLO 機能を追加する場合)

詳細は前項 (ラインスイッチドライバ機能/アプリケーション例(3) シーケンスフリースタートアップ) を参照してください。



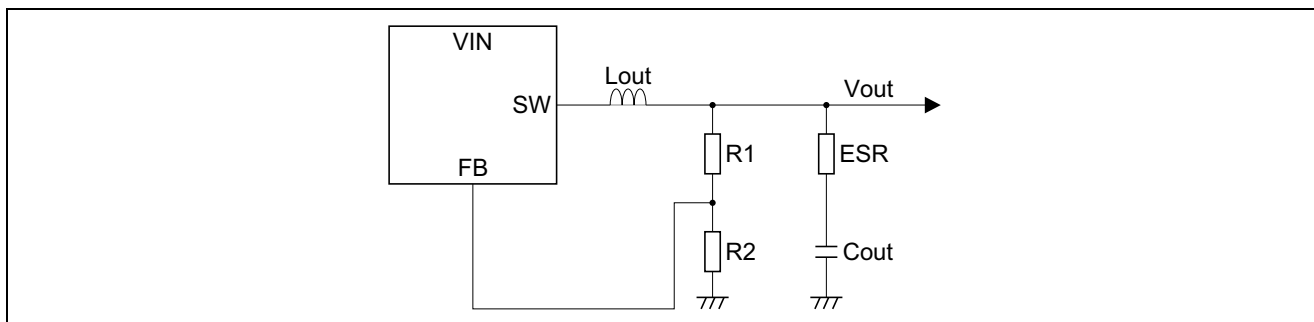
ON/OFF 端子スルーレート制限

ON/OFF 端子を別のコントローラでドライブする場合、"H"レベルから"L"レベルへの立ち下げスルーレートは単調に $-5V/\mu s$ 以上の制御が必要です。スルーレートが低速 ($-5V/\mu s$ 以下)の場合、スイッチングノイズがON/OFF入力回路に悪影響を及ぼし、負荷電流が流れている場合、故障に至る可能性があります。ON/OFF端子のドライブインピーダンスは $10k\Omega$ 以下を推奨します。なお、ON/OFF端子を常にVCINまたはVINに抵抗を介して接続している場合、スルーレートを考慮する必要はありません。



高 ESR コンデンサ使用時の動作安定性と出力電圧設定

COT 制御方式では、出力電圧リップルが小さいと、制御ループが不安定になります。FB 端子へ入力される電圧リップルは $15mV$ 以上が必要です。電解コンデンサやアルミ高分子コンデンサのような ESR の高い ($50m\Omega$ 以上)コンデンサを出力容量に使用する場合、FB 端子のリップル電圧は $15mV$ 以上になります。



安定性基準

COT 制御方式のループの安定性のためには、下記の式を満たす必要があります。

$$\text{安定性基準式: } ESR \times C_{out} > \frac{t_{on}}{2} \dots (6)$$

t_{on} はハイサイドオン時間を表します。この式を満たさないと、サブハーモニック発振が発生します。

出力電圧設定

FB コンパレータで FB 端子電圧と内部基準電圧($0.8V$)を比較し、FB ループにより FB 端子電圧が基準電圧と等しくなるよう調整します。しかし、FB 端子電圧は V_{out} リップル電圧の影響を受けるため、これを考慮する必要があります。FB 端子の実効電圧 V_{FB} は下記の式より求められます (ここではバルク容量によるリップル電圧は無視しています)。

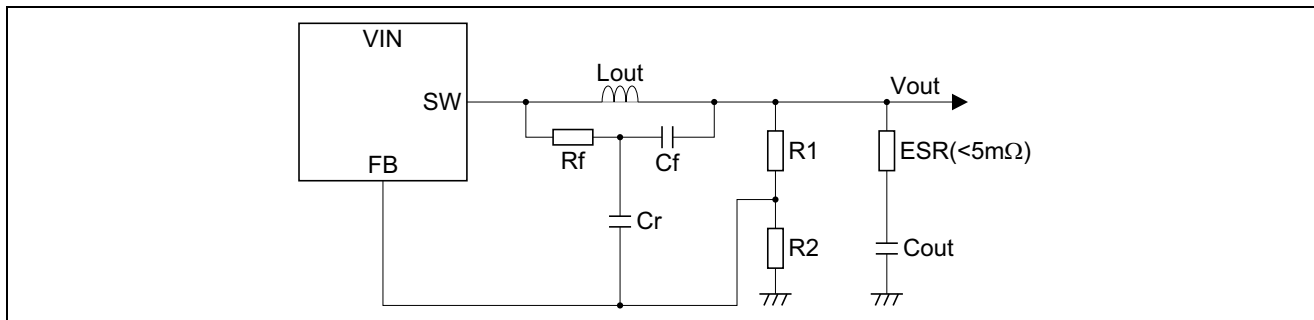
$$\text{実効フィードバック電圧値: } V_{FB} = 0.8V + \frac{1}{2} \times \frac{(VIN - V_{out}) \times t_{on} \times ESR \times R2}{L_{out} \times (R1 + R2)} [V] \dots (7)$$

ここで、 $R1$ と $R2$ は出力電圧の分圧抵抗を表し、 L_{out} は出力フィルタのインダクタンス、また ESR は出力容量の ESR を表します (上図参照)。上式の $0.8V$ は IC の基準電圧を表します。 V_{out} リップル電圧を考慮すると、 V_{out} 電圧は下記の式より求められます。

$$\text{出力電圧: } V_{out} = \frac{V_{FB} \times (R1 + R2)}{R2} [V] \dots (8)$$

低 ESR コンデンサ使用時の動作安定性と出力電圧設定

積層セラミックコンデンサのような ESR の低い出力容量を使用する場合、出力電圧のリプル電圧は小さくなります。そのため、部品を追加しリプル電圧を大きくする必要があります。リプル電圧注入方法として下図の方法を推奨します。



• フィードバック端子(FB)のリプル注入

Rf と Cf を Lout と並列に接続することで、インダクタの DCR リプル成分を利用して Rf と Cf の間にリプル電圧が生成され、生成されたリプル電圧の AC 成分が Cr を介して FB 端子に注入されます。注入するリプル電圧は下記の式で定義されます。なお推奨注入量は 15mV から 20mV です。

$$\text{リプル注入量: } V_{\text{Ripple}} = \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{out}}) \times t_{\text{on}}}{R_f \times C_f} \text{ [V] ... (9)}$$

式(9)より注入量に対する Rf は下記の式より算出できます。

$$R_f: R_f = \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{out}}) \times t_{\text{on}}}{V_{\text{Ripple}} \times C_f} \text{ [\Omega] ... (10)}$$

• 安定性基準

FB 端子の電圧リプルを維持するため、下記の式を満たす必要があります。

$$\text{安定性基準式 (1): } \frac{1}{2\pi \times C_f \times f_{\text{SW}}} \ll \frac{1}{2\pi \times C_r \times f_{\text{SW}}} \ll \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \text{ ... (11)}$$

f_{SW} は CCM モードでのスイッチング周波数を表します。部品の値は下記を推奨します。

$$\cdot C_f = 0.01\mu\text{F}, C_r = 1000\text{pF} \quad \cdot R_1 \text{ と } R_2 \text{ は } 10\text{k} \sim 100\text{k}\Omega$$

上図の回路のループ解析より、このリプル電圧注入方式は下記の式を満たす必要があります。

$$\text{安定性基準式 (2): } \frac{L_{\text{out}} \times C_{\text{out}}}{R_f \times C_f} > \frac{t_{\text{on}}}{2} \text{ ... (12)}$$

上記の式を満たさなかった場合、サブハーモニック発振が発生します。なお、積層セラミックコンデンサを使用する場合、容量の電圧依存を考慮する必要があります。

• 出力電圧設定

生成したリプル電圧と ESR のリプル電圧は V_{out} の出力精度に影響を及ぼします。上図より、リプル電圧の合計は下記の式より求められます。

$$\text{フィードバック端子のリプル電圧: } V_{\text{Ripple}} = \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{out}}) \times t_{\text{on}}}{R_f \times C_f} + \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{out}}) \times t_{\text{on}} \times \text{ESR}}{L_{\text{out}}} \text{ [V] ... (13)}$$

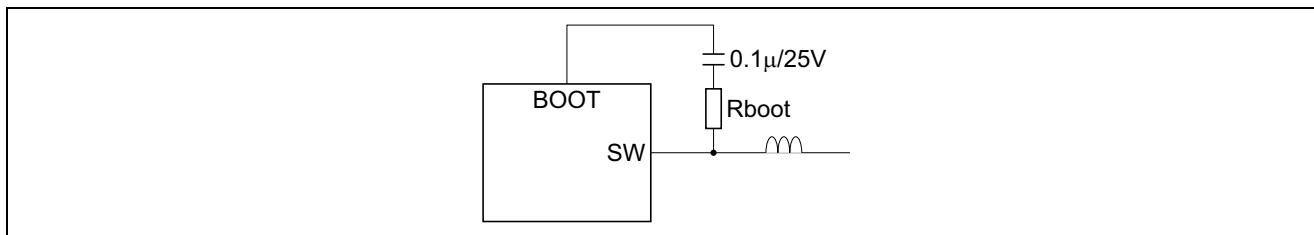
したがって、FB 端子の実効電圧 V_{FB} は下記の式より求められます。

$$\text{実効フィードバック電圧値: } V_{\text{FB}} = 0.8\text{V} + \frac{1}{2} \times \left(\frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{out}}) \times t_{\text{on}}}{R_f \times C_f} + \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{out}}) \times t_{\text{on}} \times \text{ESR}}{L_{\text{out}}} \right) \text{ [V] ... (14)}$$

最後に、V_{out} 電圧は下記の式より求められます。

$$\text{出力電圧: } V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{FB}} \times (R_1 + R_2)}{R_2} \text{ [V] ... (15)}$$

ブート(BOOT)抵抗値

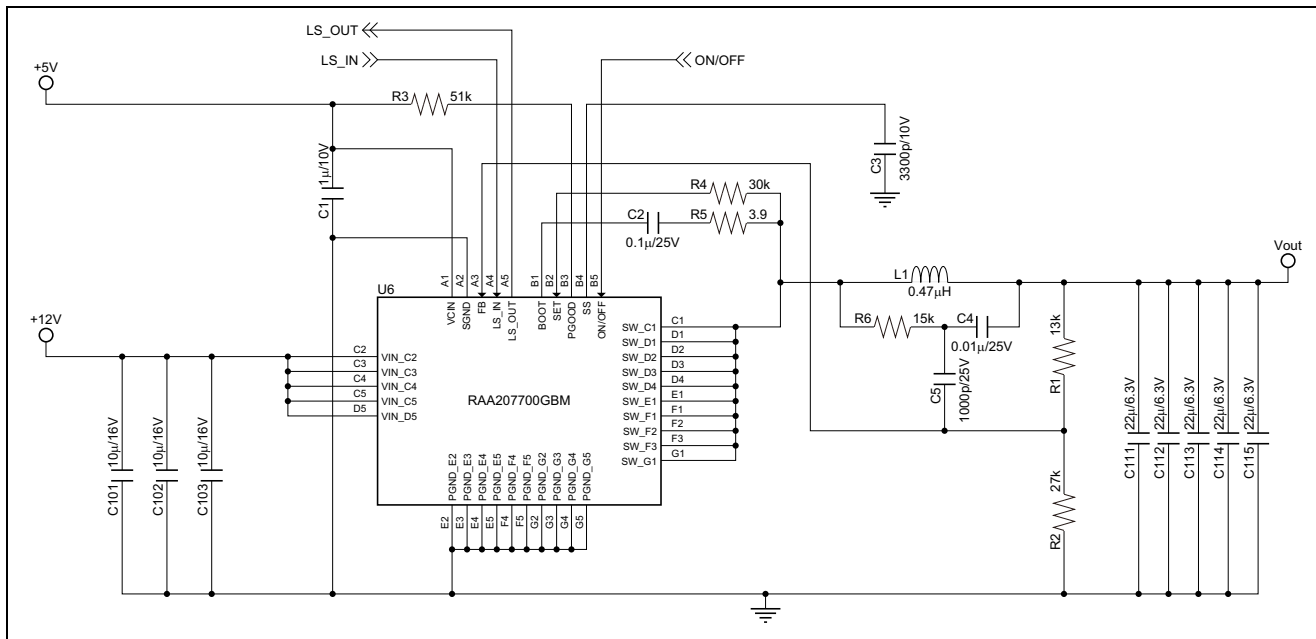


IC 動作時、スイッチノードにはスパイク電圧が発生します。ブート抵抗値はターンオン速度に影響し、スイッチノードの最大スパイク電圧を抑制するにはブート抵抗値の調整が効果的です。ブート抵抗 Rboot の推奨値は下記になります。

品名	ブート抵抗推奨値	
	VIN = 12 V	VIN = 5 V
RAA207700GBM	3.9 Ω	0 Ω
RAA207701GBM	2.0 Ω	0 Ω
RAA207702GBM	0 Ω	0 Ω

設計例

(VIN = 12 V, Vout = 1.2 V, f_{SW} = 500 kHz (at CCM), L = 0.47 μH)



1. ton(コンスタントオンタイム)の設定

VIN = 12V, Vout = 1.2V, f_{SW} = 500kHz 条件において、ton は式(1)より下記となります。

$$\text{ton 計算式: } \text{ton} = \frac{1.2\text{V}}{12\text{V}} \times \frac{1}{500\text{kHz}} = 200\text{ns}$$

式(3)より Rset の値を算出します。

$$\text{Rset 計算式: } \text{Rset} = \left(\frac{1.2\text{V}}{12\text{V}} \times \frac{1}{500\text{kHz}} - 60\text{ns} \right) \times \frac{12\text{V} - 2\text{V}}{50\text{pF} \times 1\text{V}} = 28\text{k}\Omega$$

Rset は E24 系列より 30kΩ を選びます。

このとき、コンスタントオンタイムは式(2)より下記となります。

$$\text{コンスタントオンタイム: } \text{ton} = \frac{50\text{pF} \times 1\text{V}}{12\text{V} - 2\text{V}} \times 30\text{k}\Omega + 60\text{ns} = 210\text{ns}$$

2. リップル注入量の設定

FB 端子へ入力されるリップル電圧は安定動作のために 15mV 以上が必要です。前述の通り、MLCC など ESR が低い出力容量を使用する場合、Cf, Cr, および Rf で構成されるリップル注入回路を設ける必要があります。ここで出力容量の ESR が 0.5mΩ のとき、Cf = 0.01μF, Cr = 1000pF と固定した場合の Rf の設計例を示します。式(10)より 15mV のリップル電圧を注入するために必要な Rf の値を算出します。

$$\text{Rf 計算式: } \text{Rf} = \frac{(12\text{V} - 1.2\text{V}) \times 210\text{ns}}{15\text{mV} \times 0.01\mu\text{F}} = 15.1\text{k}\Omega$$

Rf は E24 系列より 15kΩ を選びます。

このとき、FB 端子へ入力されるトータルのリップル電圧は式(13)より下記となります。

$$\text{リップル注入量: } \text{V}_{\text{Ripple}} = \frac{(12\text{V} - 1.2\text{V}) \times 210\text{ns}}{15\text{k}\Omega \times 0.01\mu\text{F}} + \frac{(12\text{V} - 1.2\text{V}) \times 210\text{ns}}{0.47\mu\text{H} \times 0.5\text{m}\Omega} = 17.5\text{mV}$$

3. 出力電圧の設定

上記条件において、実効フィードバック電圧は式(14)より下記となります。

$$\text{実効フィードバック電圧値: } V_{FB} = 800\text{mV} + \frac{1}{2} \times 17.5\text{mV} = 808.8\text{mV}$$

R1 = 13k Ω とすると、R2 の値を式(15)より算出します。

$$\text{R2 計算式: } R2 = \frac{13\text{k}\Omega}{1.2\text{V} / 808.8\text{mV} - 1} = 26.9\text{k}\Omega$$

R2 は E24 系列より 27k Ω を選びます。

4. ループ安定性の確認

R1、R2、Cf、および Cr 選定の際は、式(11)より安定性の確認を行ってください。

上記条件においては

$$\text{安定性基準式 (1): } \frac{1}{2\pi \times 0.01\mu\text{F} \times 500\text{kHz}} = 32\Omega \ll \frac{1}{2\pi \times 1000\text{pF} \times 500\text{kHz}} = 318\Omega \ll \frac{13\text{k}\Omega \times 27\text{k}\Omega}{13\text{k}\Omega + 27\text{k}\Omega} = 8.8\text{k}\Omega$$

となるため、安定性は問題ありません。

また出力容量選定の際は、式(12)より安定性の確認を行ってください。

上記条件においては

$$\text{安定性基準式 (2): } C_{out} > \frac{210\text{ns}}{2} \times \frac{15\text{k}\Omega \times 0.01\mu\text{F}}{0.47\mu\text{H}} = 34\mu\text{F}$$

よって C_{out} = 110 μF (22 μF \times 5pcs) のため安定性は問題ありません。

積層セラミックコンデンサを使用する場合は容量の電圧依存性も考慮して確認を行ってください。

上記の安定条件を満たさない場合は下記の変更が有効です。

- L 値、もしくは出力容量を増加させる。
- ton を短くする (周波数を上げる)。
- Rf の値を変える。

5. その他の定数設定

C1 = 1 μF /10V、C2 = 0.1 μF /25V を推奨致します。

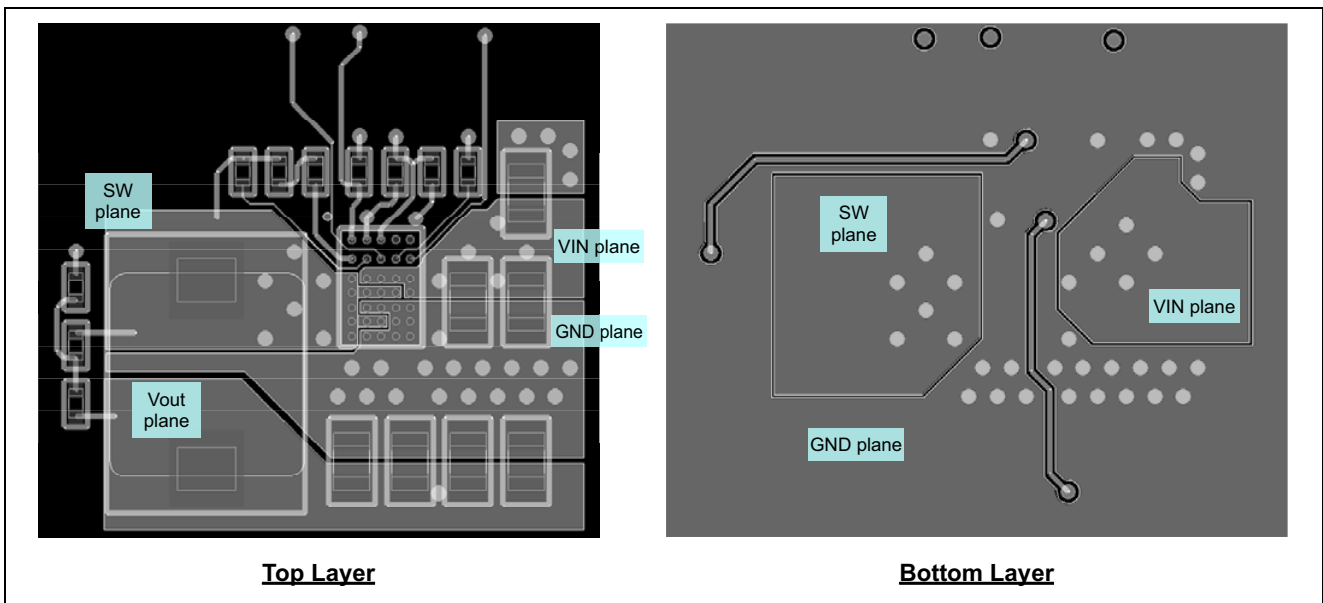
C_{ss} は式(5)より算出されるソフトスタート期間を考慮して設定してください。

R_{boot} の設定値に関しては"ブート(BOOT)抵抗値"の項を参照してください。

入出力容量値は、リップル電圧、リップル電流、出力電圧変動許容値を考慮して設定してください。

レイアウト例 (RAA207700GBM)

ボードレイアウト例: 4層パターン設計例 (2層および3層はGNDパターンに使用)



1. パワー部

- 入力容量はVINとPGNDの直近に配置してください。スイッチングノイズと電源効率に影響します。
- VIN, SW, PGNDパターンにはサーマルビアを設置してください。基板への放熱効果が期待できます。可能であれば最下層にVIN, SWパターンを設置することでさらに放熱効果が期待できます。

2. コントローラ部

- VCINとSGND間のデカップリングコンデンサは可能な限り端子の直近に配置してください。
- SGND, PGNDのビアは可能な限りチップの直近に配置し、内層GNDパターンに低インピーダンスで接続してください。
- Vout調整用分圧抵抗はチップの直近に配置し、FB配線はノイズ源を避けて最短で配置してください。また、リップル注入回路を設置する場合は、dV/dtが高いSW、BOOT配線から離して配置してください。
- チップとボードの確実な接続のため半田マスキレイアウトを推奨します。半田マスキレイアウトの推奨サイズは下記です。
半田レジスト開口: $\phi 280\mu\text{m}$, ランドサイズ: $\phi 380\mu\text{m}$ (加工精度を考慮のうえ設計してください)

推奨インダクタ

Maker	Inductance [μ H]	$\Delta L/L0 = 20\%$ Change [A]	Dimensions [mm]
NEC Tokin	0.42	20.0	6.7 × 8.0 × 4.0
MPC series	0.60	19.0	6.7 × 8.0 × 5.0
	0.88	24.0	10.0 × 11.5 × 4.0
	1.0	25.0	10.0 × 11.7 × 5.5
ALPS Green Device GLMC series	0.47	13.9 ^{*1}	6.5 × 7.4 × 3.0
	1.0	10 ^{*1}	6.5 × 7.4 × 3.0
	1.5	8.8 ^{*1}	6.5 × 7.4 × 3.0
TOKO FDVE0630 series	0.33	15.9	6.7 × 7.4 × 3.0
	0.47	15.6	6.7 × 7.4 × 3.0
	0.75	10.9	6.7 × 7.4 × 3.0
	1.0	9.5	6.7 × 7.4 × 3.0
TDK SPM5030 series	0.35	14.9	5.0 × 5.2 × 3.0
	0.47	11.0	5.0 × 5.2 × 3.0
	0.75	9.7	5.0 × 5.2 × 3.0

【注】 *1 30% change

- Small size inductor for RAA207702GBM

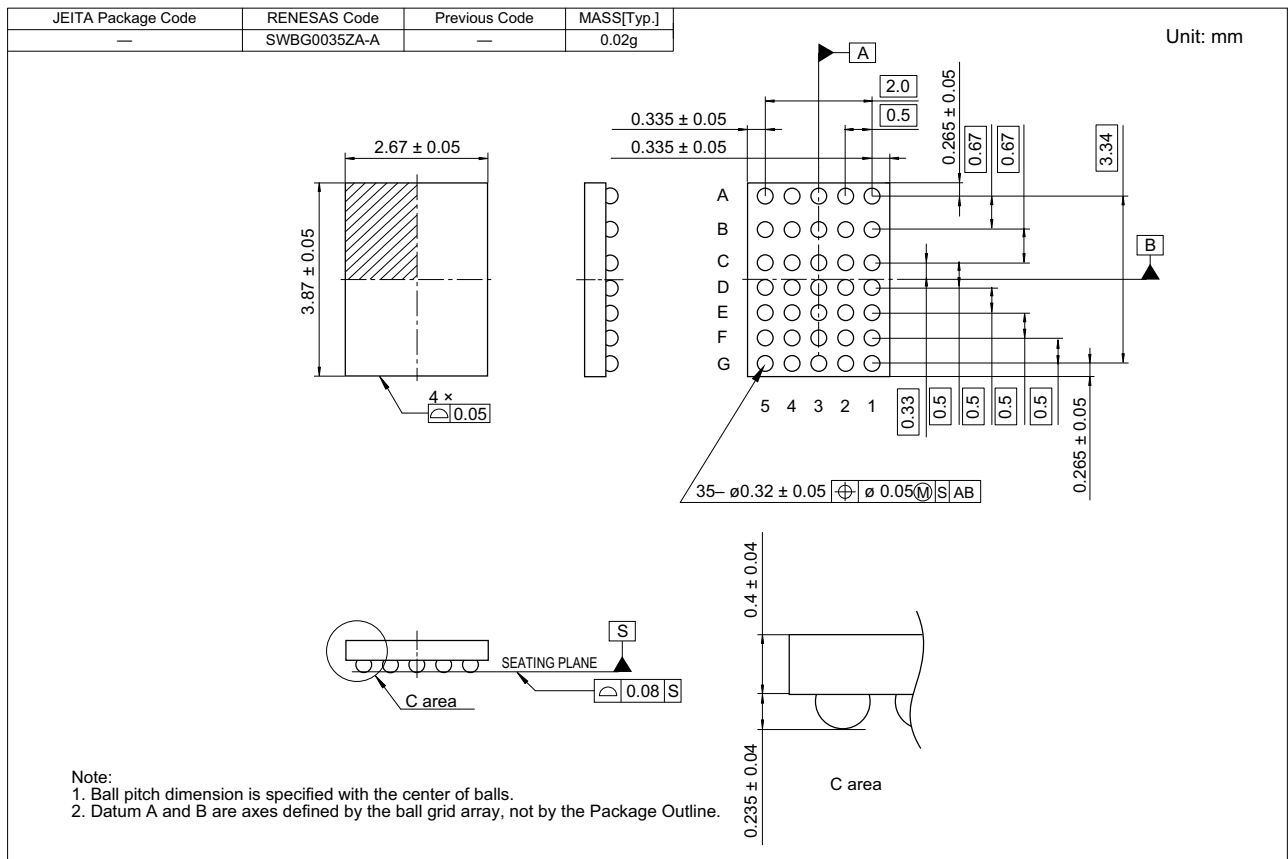
Maker	Inductance [μ H]	$\Delta L/L0 = 30\%$ Change [A]	Dimensions [mm]
TOKO FDSD0420 series	0.68	8.3	4.2 × 4.2 × 2.0
	1.0	6.8	4.2 × 4.2 × 2.0
	1.5	5.7	4.2 × 4.2 × 2.0
TDK SPM4012 series	0.47	8.3	4.4 × 4.1 × 1.2
	1.0	4.8	4.4 × 4.1 × 1.2

推奨出力コンデンサ

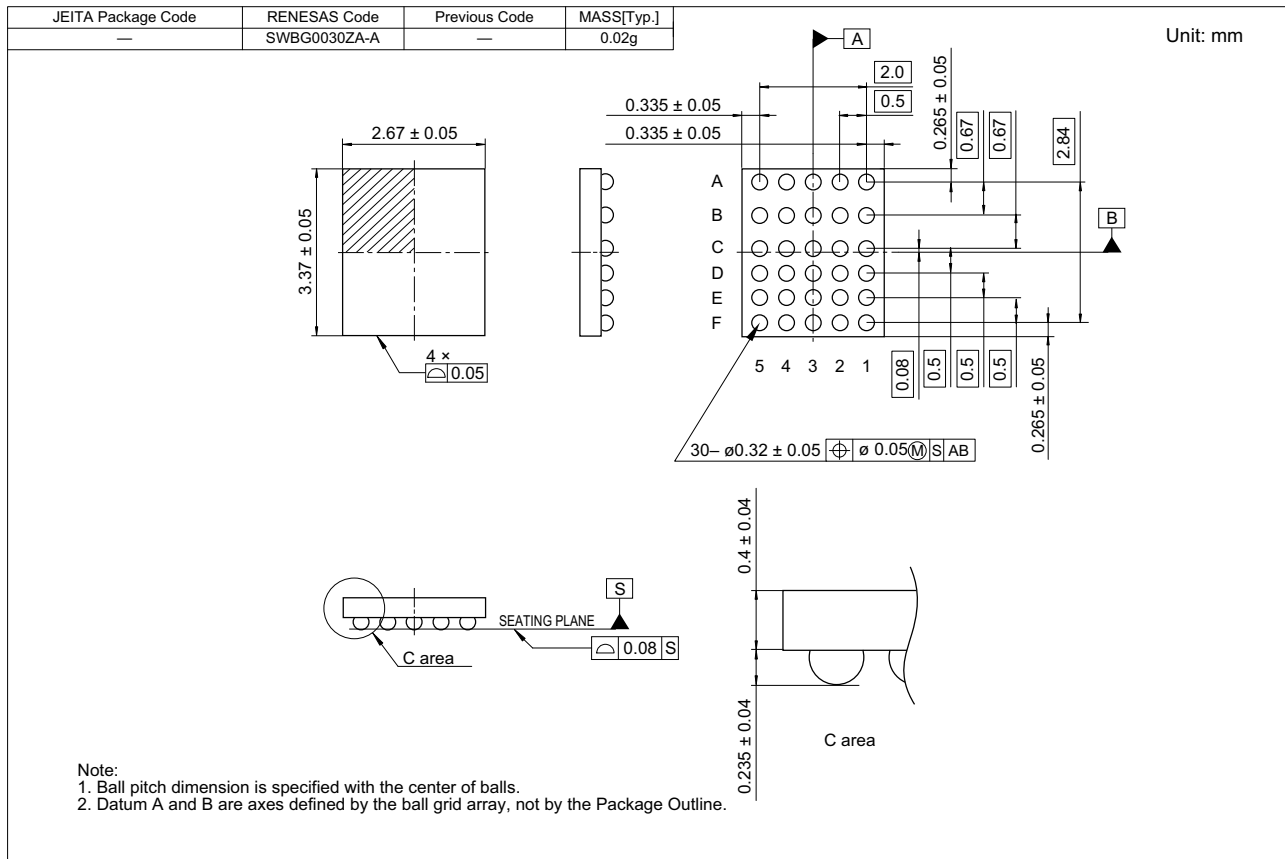
Maker	Maximum Voltage [V]	Capacitance [μ F]
Sanyo POSCAP series	2.0 to 10	47 to 330
Sanyo OS-CON series	2.0 to 10	47 to 330
Murata MLCC series	6.3 to 10	22 to 47
TDK MLCC series	6.3 to 10	22 to 47
TAIYO YUDEN MLCC series	6.3 to 10	22 to 47

外形寸法図

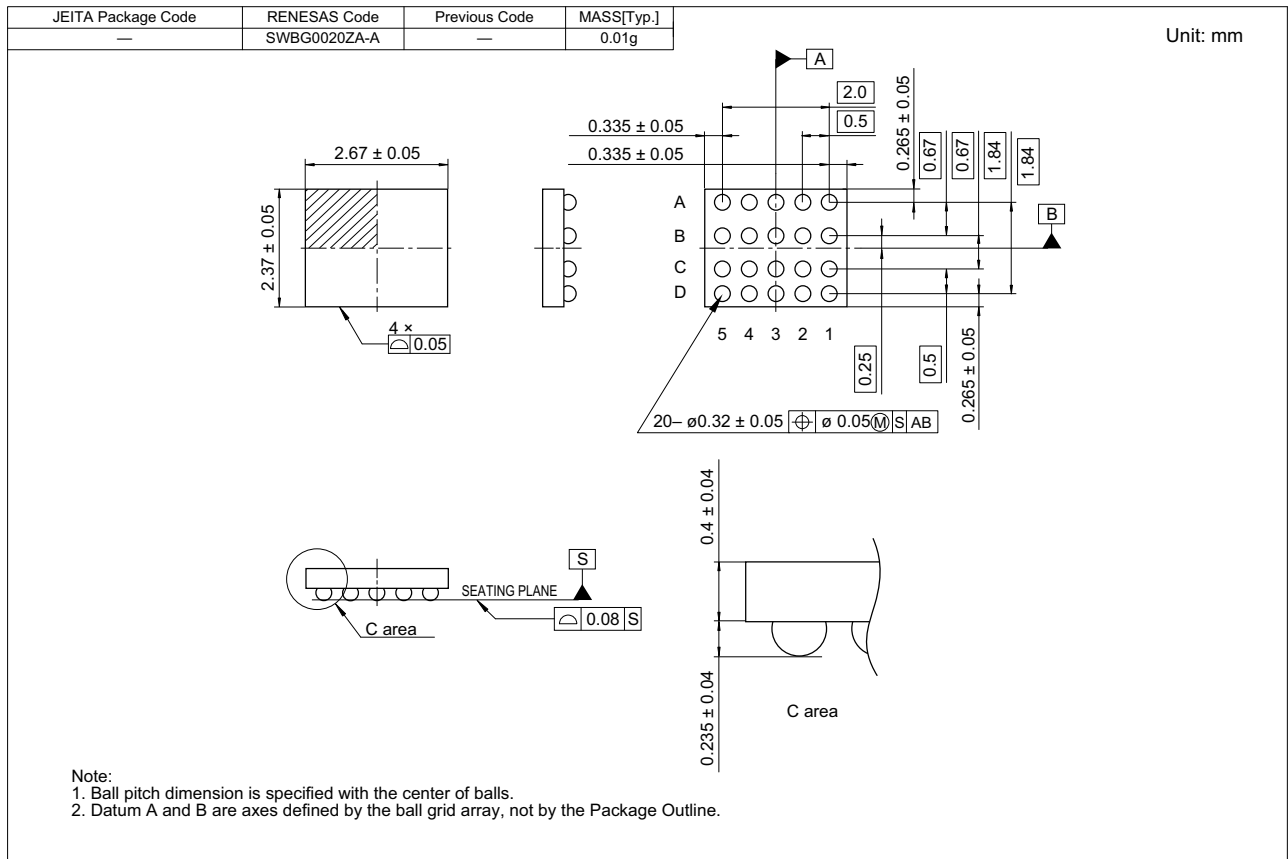
● RAA207700GBM



• RAA207701GBM



● RAA207702GBM



発注型名

発注型名	数量	梱包形態
RAA207700GBM#HC0	2000 pcs	テーピングリール
RAA207701GBM#HC0	2000 pcs	テーピングリール
RAA207702GBM#HC0	2000 pcs	テーピングリール

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、
各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍用用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2（日本ビル）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。

総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>