

R2A20114A シリーズ
アプリケーションノート

R03AN0007JJ0301
Rev.3.01
2014.06.04

1. 概要

R2A20114A は力率改善 (PFC) ブーストコンバータコントロール IC です。

R2A20114A は従来品 R2A20114 と比べて入出力電圧差が小さい時の高調波電流特性が改善します。また、従来品 R2A20114 では負荷状態や入力電圧値に応じて出力電圧値をコントロールするような動作をさせた場合、このコントロール用回路以外にさらに外付けに高調波電流特性改善回路が必要でしたが、R2A20114AFP では高調波電流特性改善回路が不要になります (R2A20114ASP では必要になります)。(注: R2A20114, R2A20114A 単体では状態に応じて出力電圧のコントロールする機能はありません。この機能は P26 "5.15 フォローブースト動作について"に記載している外部回路等により実現されます。)

PFC 制御は電流連続モードを採用し、2 系統のブーストコンバータのゲートドライブ信号 GD1 と GD2 を 180°位相シフトして制御するインターリーブ機能を搭載しています。インターリーブ機能は、高効率・低スイッチングノイズを実現すると共に入出力のリプル電流を低減し、インダクタ・入力フィルタ・出力容量の小型化を実現します。このため、大電力用途のアプリケーションに適しています。

また、R2A20114A は、抵抗によりスイッチ素子の電流検出を行うので、小スペース・ローコストの電流検出が可能でエアコン用途等に適しています。

保護機能としては、2 モード過電圧保護、過電流保護機能を内蔵し、少ない外付け部品で高信頼度の電源システムを構成できます。

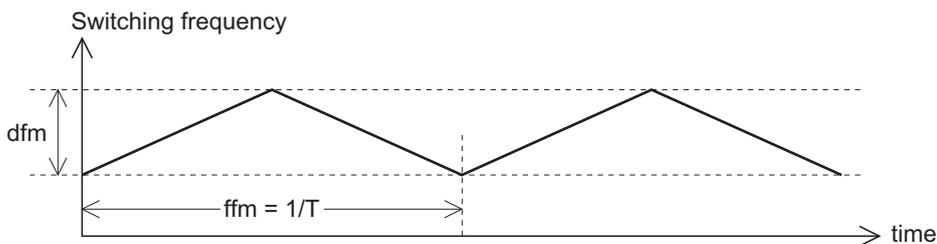
2. R2A20114A シリーズラインアップ

R2A20114A シリーズは、搭載機能とパッケージにより 2 つのラインアップを揃えています。

表 1 R2A20114A シリーズ機能一覧

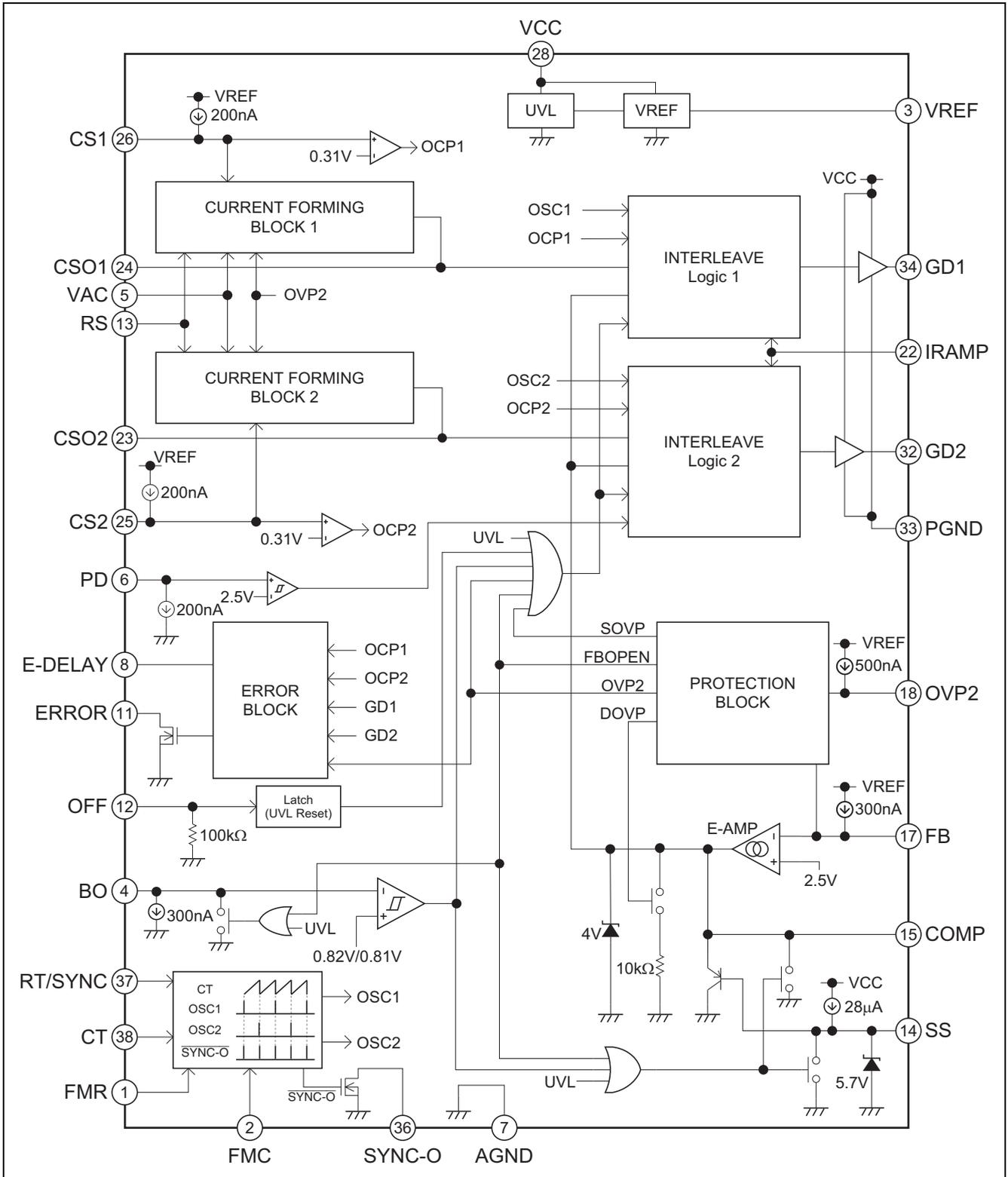
項目		R2A20114ASP	R2A20114AFP
PFC 制御方式		連続モードインターリーブ方式	
電流検出方式		抵抗検出	
パッケージ		SOP-20	LQFP-40
保護機能	Brownout 検出		
	OVP2	—	
	フェーズエラー	—	
ノイズ低減	ジッタ機能 (周波数変調)	(周波数変調幅 (dfm) ^{*1} 固定)	
同期機能	同期入力		
	同期出力	—	
効率向上	フェーズドロップ	—	

【注】 *1 下図参照

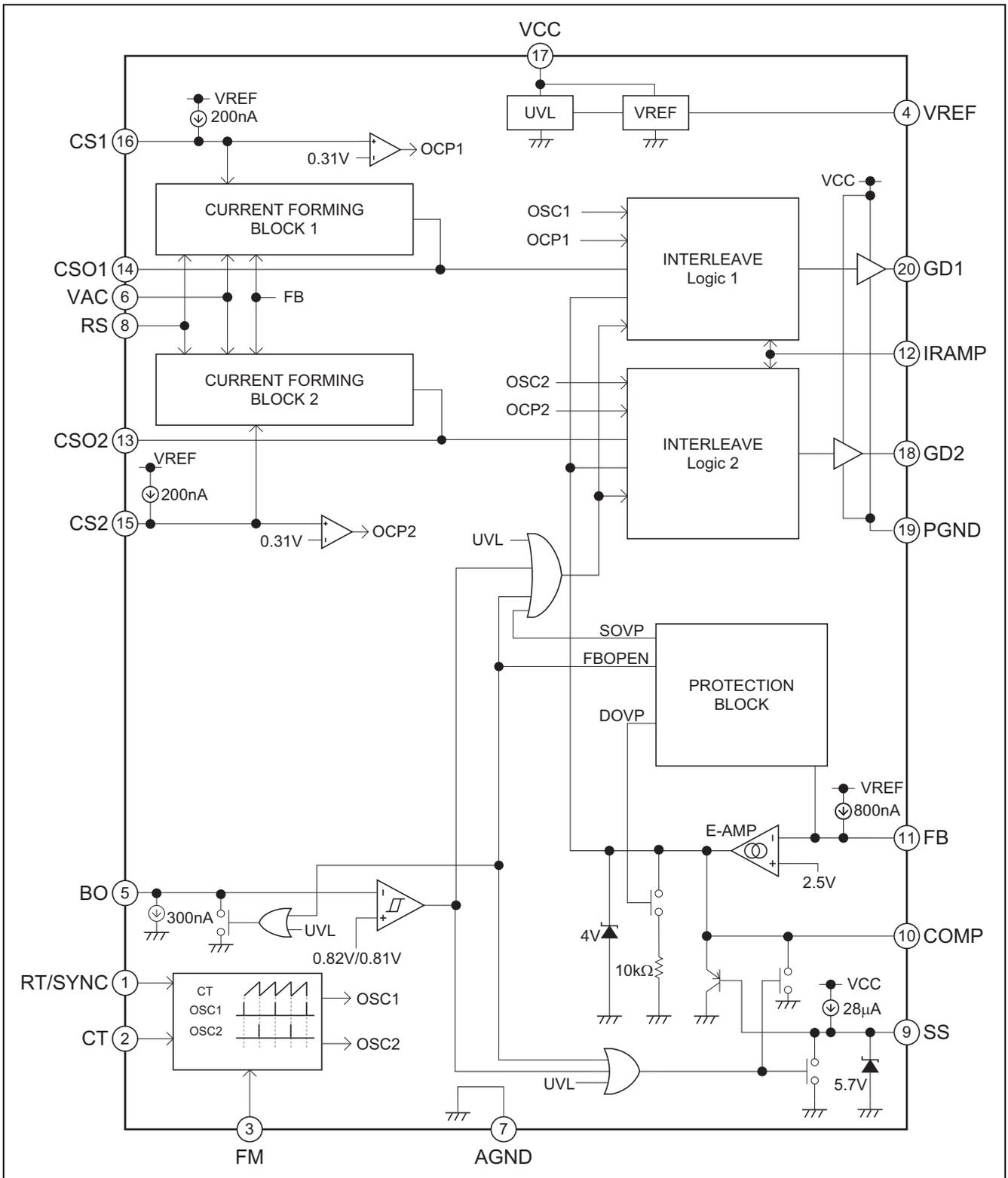


3. ブロックダイアグラム

3.1 R2A20114AFP ブロック図 (LQFP-40)



3.2 R2A20114ASP ブロック図 (SOP-20)



4. R2A20114A ブロック説明

4.1 保護機能

R2A20114A シリーズには、過電圧保護、過電圧保護 2、過電流保護、フィードバック・ループ・オープン検出の各保護機能があります。

4.1.1 過電圧保護 (OVP)

過電圧保護は 2 ステップの保護を行います。ダイナミック過電圧保護 (D-OVP) は、FB 端子電圧が $1.04 \times V_{FB}$ ($2.5V_{typ}$) に達すると COMP 端子電圧をディスチャージします。パワーMOSFET の ON 時間は緩やかに制限されるために、インダクタ電流が急激に遮断されることによる可聴域のオーディオノイズの発生を避けることができます。スタティック過電圧保護 (S-OVP) は、FB 端子電圧が $1.08 \times V_{FB}$ ($2.5V_{typ}$) に達すると IC の出力を停止します。この時、パワーMOSFET は瞬時に停止し、FB 端子電圧が $1.08 \times V_{FB}$ ($2.5V_{typ}$) - 0.08V まで停止し続けます。

4.1.2 過電圧保護 2 (OVP2) (R2A20114AFP のみ)

過電圧保護 2 (OVP2) は、D-OVP と S-OVP 機能を持った FB 端子から独立した専用端子で PFC 出力電圧をモニタします。OVP2 端子が $1.08 \times V_{FB}$ ($2.5V_{typ}$) になると、スイッチングを停止します。

4.1.3 フィードバック・ループ・オープン検出

フィードバック・ループ・オープン検出は、FB 端子電圧が 0.5V 以下の時に COMP 端子電圧をディスチャージします。このとき、IC の出力は停止状態です。検出電圧には、0.2V のヒステリシスがあります。

4.1.4 過電流保護 (OCP)

R2A20114A は CS1 または CS2 端子電圧が 0.31V に達すると IC の出力を停止します。

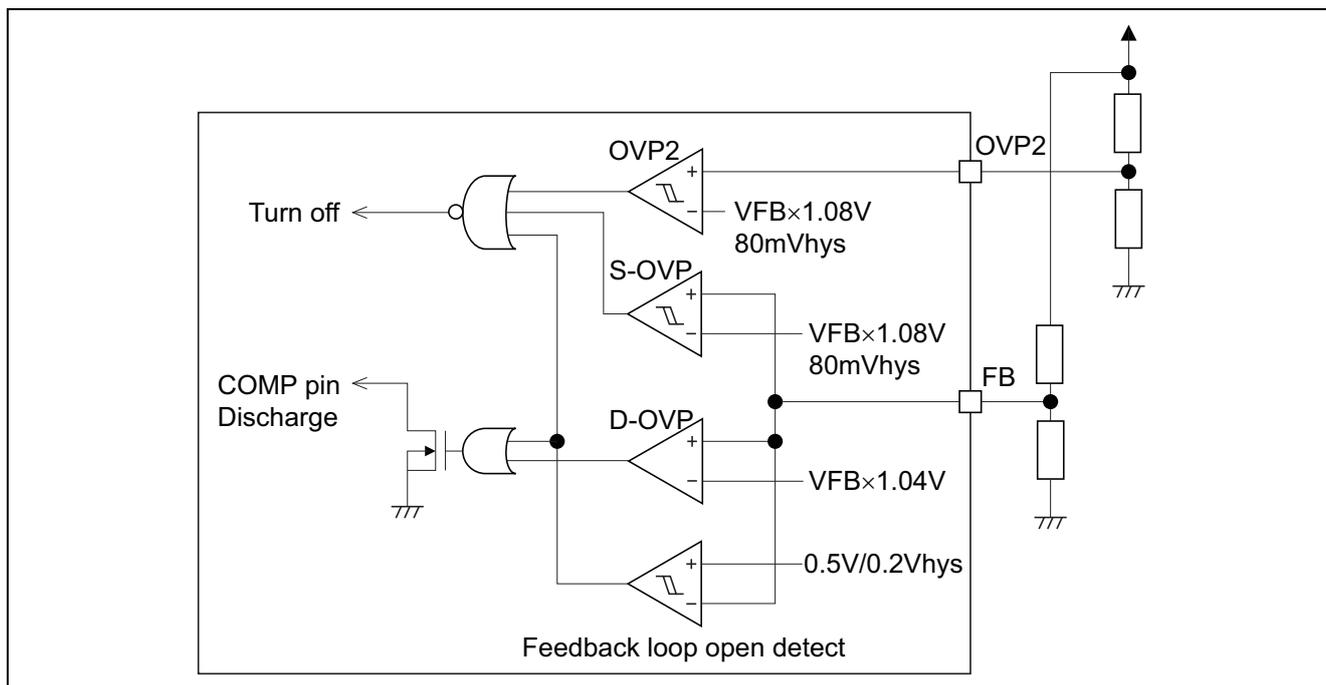


図 1

4.2 出力段

R2A20114A はフェーズ 1 とフェーズ 2 用に 2 つのトータムポール出力を内蔵しています。ドライブ能力の最大定格は、1.0A peak です。

Qg が大きなスイッチング素子を駆動したり、IC とスイッチング素子の距離が離れている場合など、ドライブ能力が不十分な場合には、ご使用になられるスイッチング素子の特性に合わせて、ドライブ能力の調整を行ってください。また、ドライブ回路を使用する際、ドライブ回路の GND をエミッタ (もしくはソース) 側に接続すると、引き回しの影響を受けないため、特性が安定し易いです。

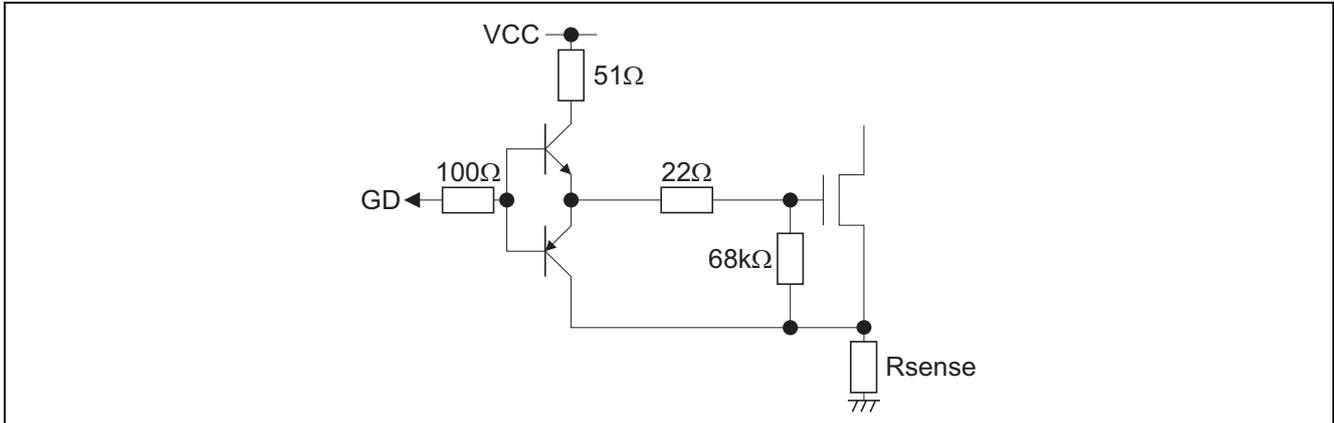


図 2 ドライブ回路例

4.3 ソフトスタート

SS 端子対 GND に容量を接続することで MOSFET の ON 時間を徐々に広げながら起動できます。SS 端子チャージ電流は 28μA の定電流ですので、SS 端子電圧のスロープは、外付け容量値によって調整可能です。

また、VCC が UVL 閾値以下、または、FB 端子電圧が 0.3V_{typ.}以下、または、BO 端子電圧が 0.81V 以下で、SS 端子容量はディスチャージされます。

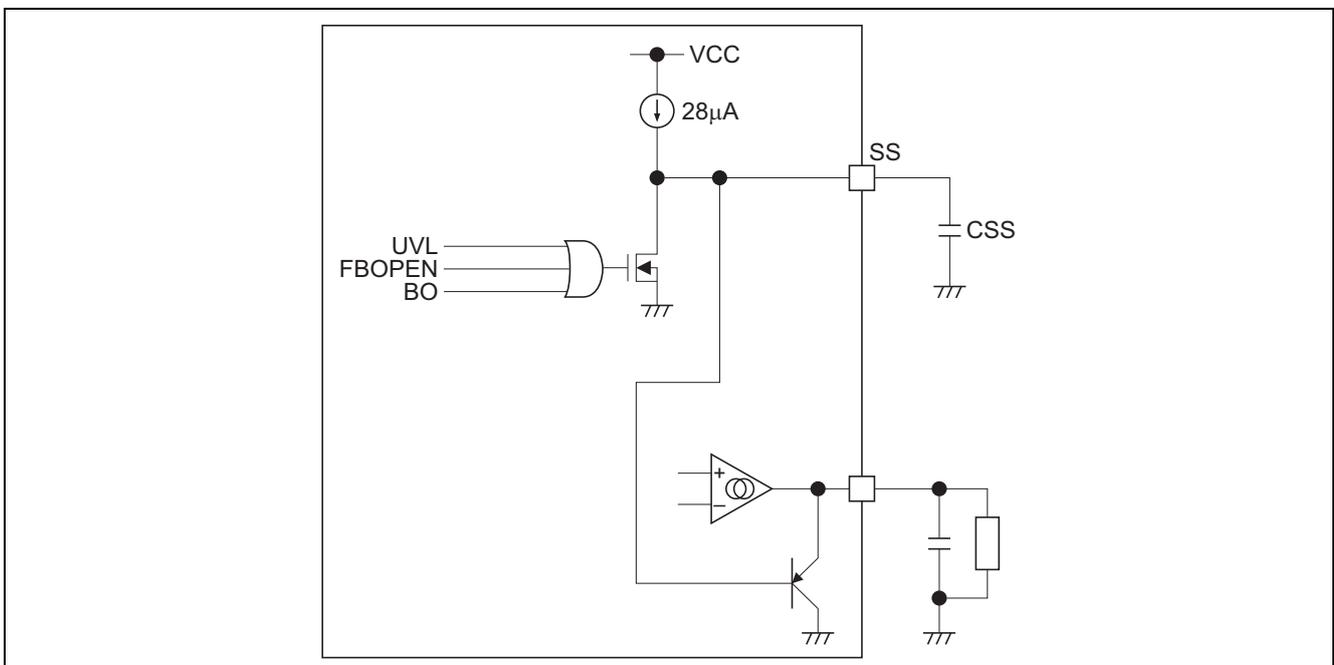


図 3

4.4 フェーズドロップ (R2A20114AFP に適用)

PD 信号を 2.5V 以上にすると、GD2 が停止します。軽負荷時に GD2 を停止することでスイッチング損失を低減することができます。

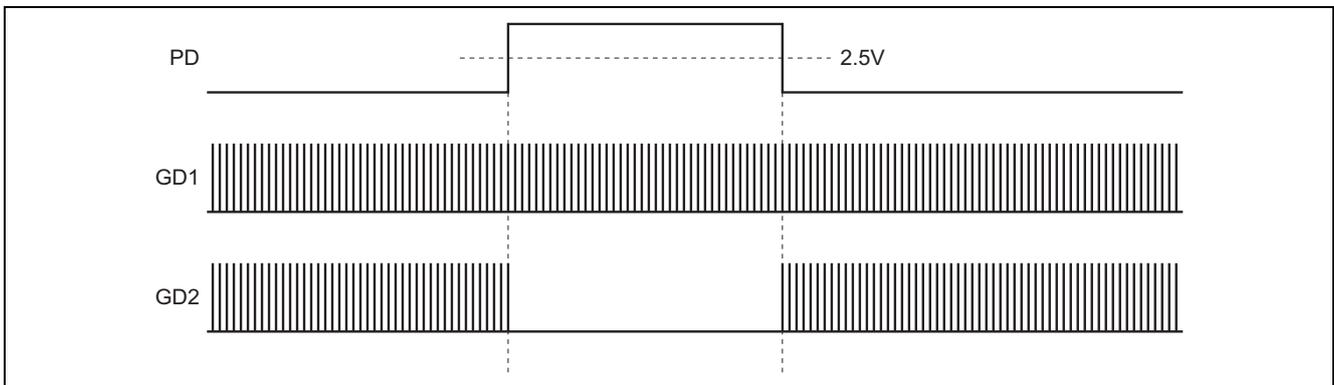


図 4

フェーズドロップ切り替わり時は瞬間的に負荷が倍増・半減するのと同様です。フェーズドロップ時は IC 内部の RAMP 信号の傾きを倍にすることで、瞬間的に電流供給能力を増減し、フェーズドロップ切り替わり時の出力電圧変動を抑えます。

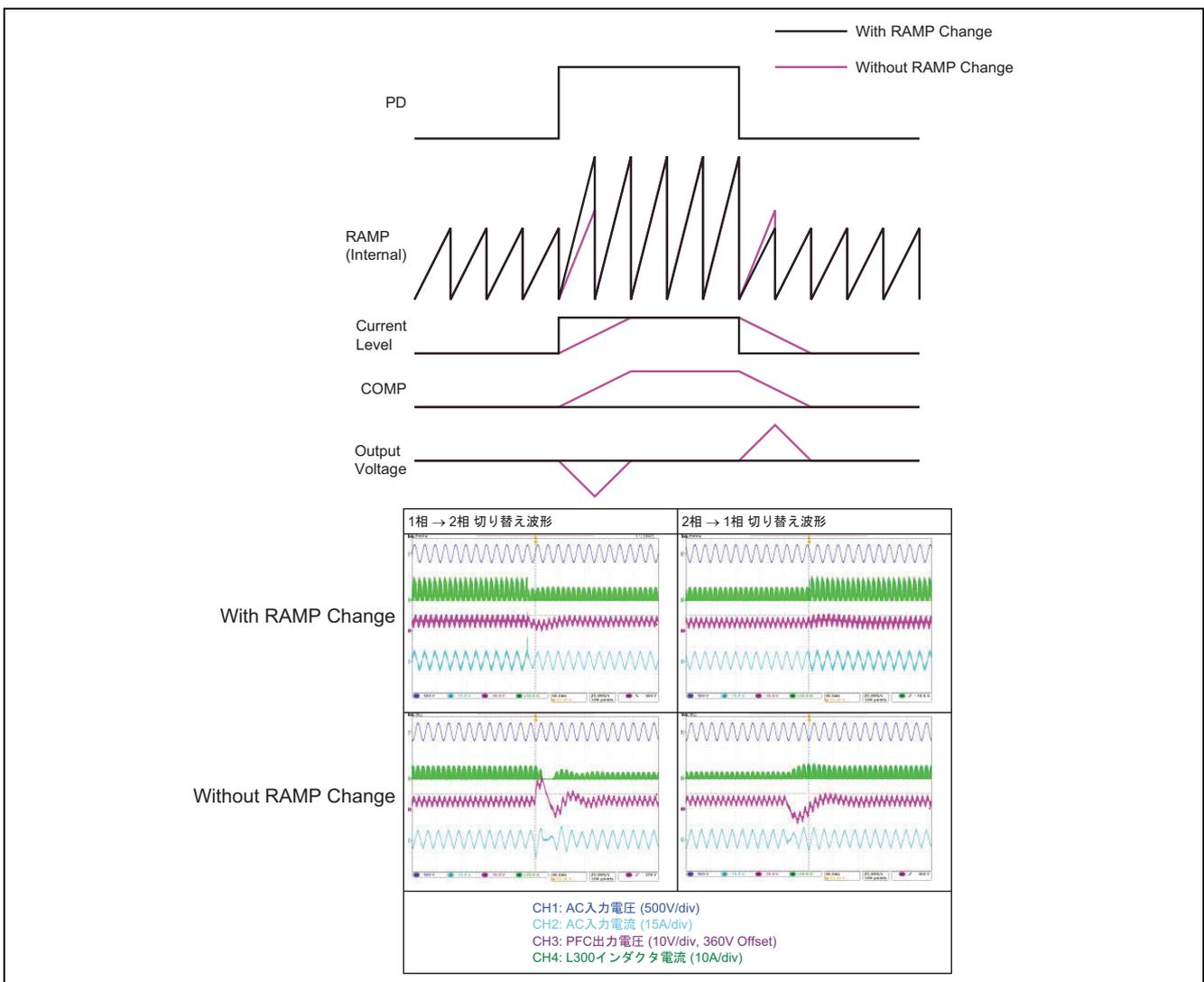


図 5

4.5 エラー機能 (R2A20114AFP に適用)

ERROR 端子の内部ブロック図を下記に示します。ERROR 端子は、OCP(E-DELAY)、Phase Error、OVP2 の異常信号を検出すると High が出力されます。以下、各保護回路検出による ERROR 動作を示します。

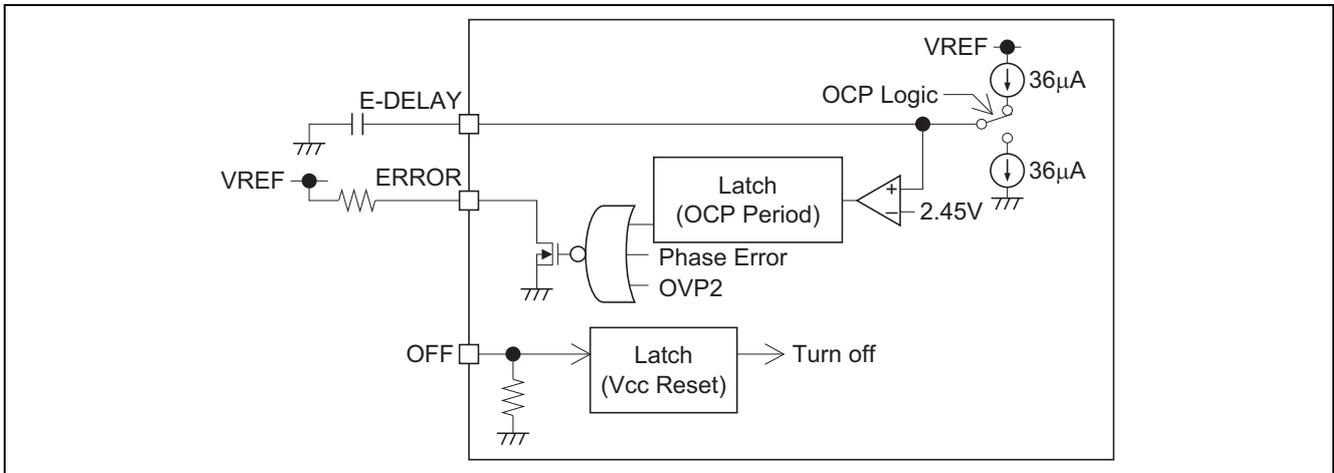


図 6

4.5.1 過電圧保護 2 (OVP2) 検出によるエラー端子動作

OVP2 端子電圧が $1.08 \times V_{FB}[V]$ 以上になると GD1,2 の出力が停止し、同時に ERROR 端子は異常を知らせる High を出力します。OVP2 端子電圧が $1.08 \times V_{FB} (2.5V_{typ}) - 0.08[V]$ 以下となり、再び GD1,2 が出力されると、ERROR 端子は Lo に切替わります。

4.5.2 フェーズエラー (Phase Error) 検出によるエラー端子動作

パワー素子のオープン/ショート破壊などのアブノーマル動作において、GD1,2 のデューティ比が大きくなると、デューティ比を検出し、ERROR 端子は異常 (フェーズエラー) を知らせる High を出力します。また、GD1,2 のデューティ比が大きくなり ERROR 端子が High を出力しても、デューティ比が小さくなると ERROR 端子は Lo に切替わります。ERROR 端子の High/Lo の切り替えは、GD1,2 のオフデューティの比で決まり、次式のように定義されます。下図に IC ばらつきを考慮したフェーズエラーの判別領域を図示します。

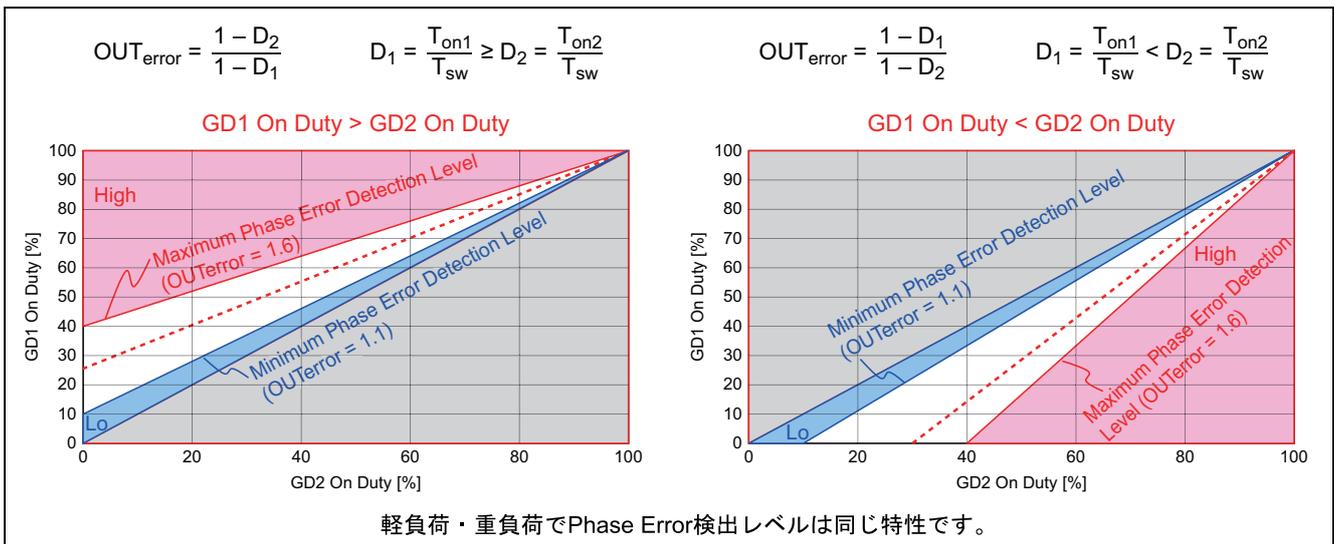


図 7

4.5.3 OCP タイマラッチ (E-Delay) 検出によるエラー端子動作

過電流保護回路が動作し続け、その結果 E-DELAY 端子が閾値 2.45V に達すると、ERROR 端子は異常を知らせる High を出力します。過電流状態が解除されると ERROR 端子は Low に戻ります。

E-Delay 端子対 GND に容量を接続することで、OCP を検出してからエラー信号が出力されるまでの時間を調整することが可能です。以下に OCP タイマラッチの動作概要を示します。

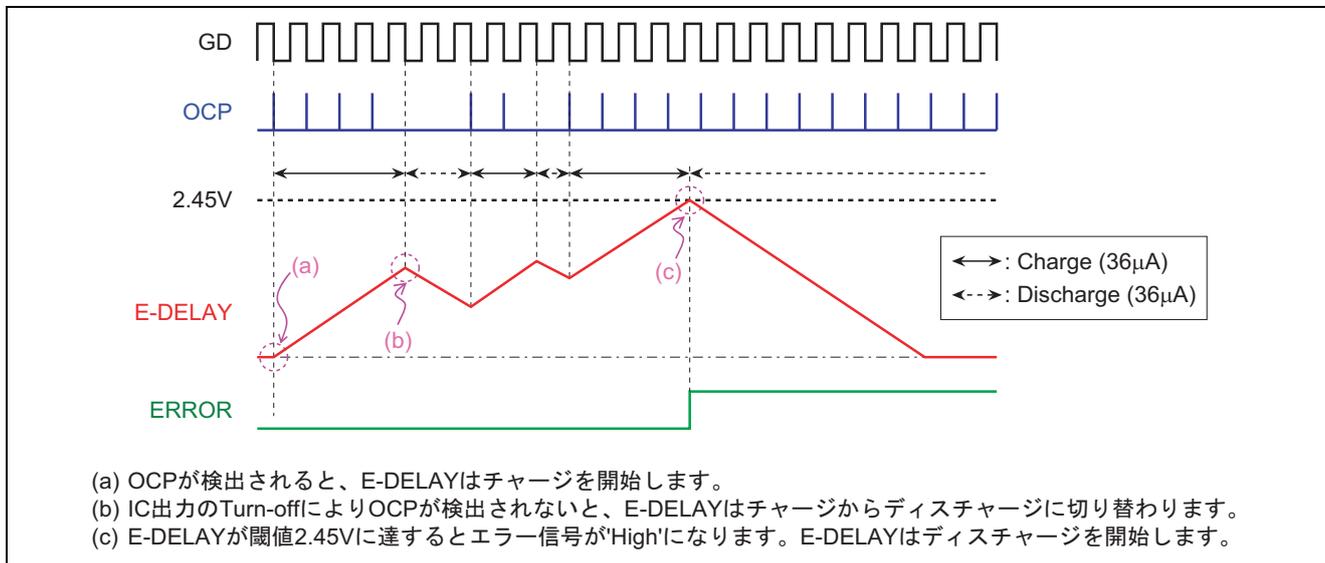


図 8

4.6 OFF 機能 (2A20114AFP に適用)

OFF 端子を 4V(typ)以上に引き上げるとゲートパルスが停止します。OFF 端子を引き下げてもゲートパルスは復帰しません。Vcc 端子の電圧を UVLO Turn-off Threshold 以下に低下させて IC をリセットすることで OFF 機能による停止は解除されます。

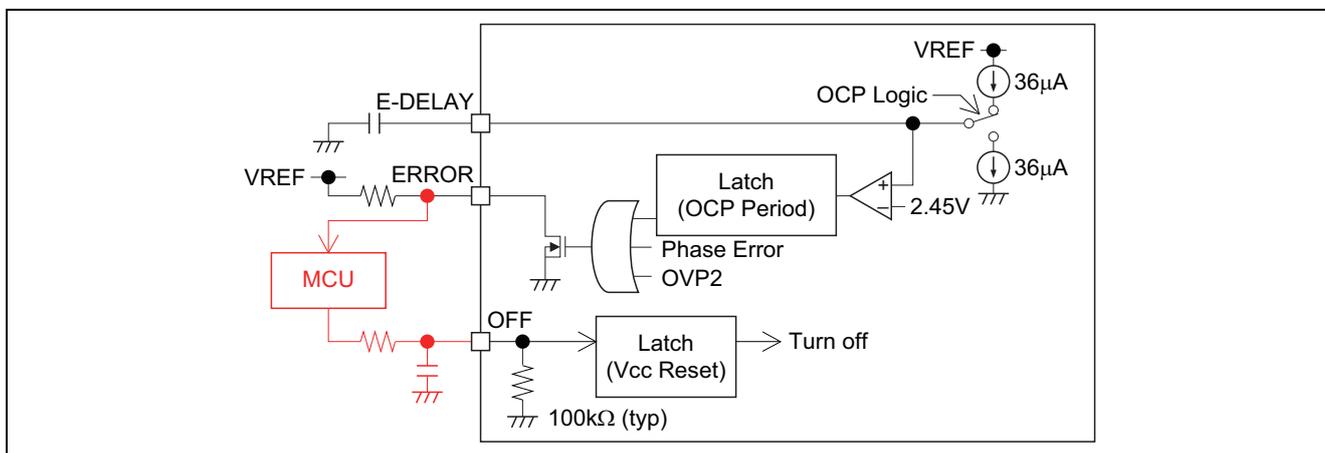


図 9

OFF 機能と ERROR 機能を使用することで ERROR 信号が出力された時にラッチモードで IC を停止させることが可能です。ただし、ERROR 信号は起動・瞬停・負荷急変等の過渡時に発生する可能性があります。OFF 端子と直接接続して使用すると、この過渡的な ERROR 信号によりラッチ停止してしまいます。マイコン等を使用して過渡期間は ERROR 信号をマスクする等の処理を実施してください。

また、OFF 機能は 10ns 程度の信号で反応します。プルダウン抵抗を内蔵および検出閾値を高く設定していますが、OFF 機能を使用する場合は OFF 端子にフィルタ等を構成することで誤動作を防止してください。

OFF 端子は 100kΩ(typ)の抵抗でプルダウンされているので、確実にラッチ停止させるために、外付けの抵抗値に注意してください。

4.7 同期機能

RT/SYNC 端子に同期信号を入力すると R2A20114A は同期信号に同期して動作します。

同期動作の詳細を以下に示します。

IC 内蔵の発振器の概略図を示します。

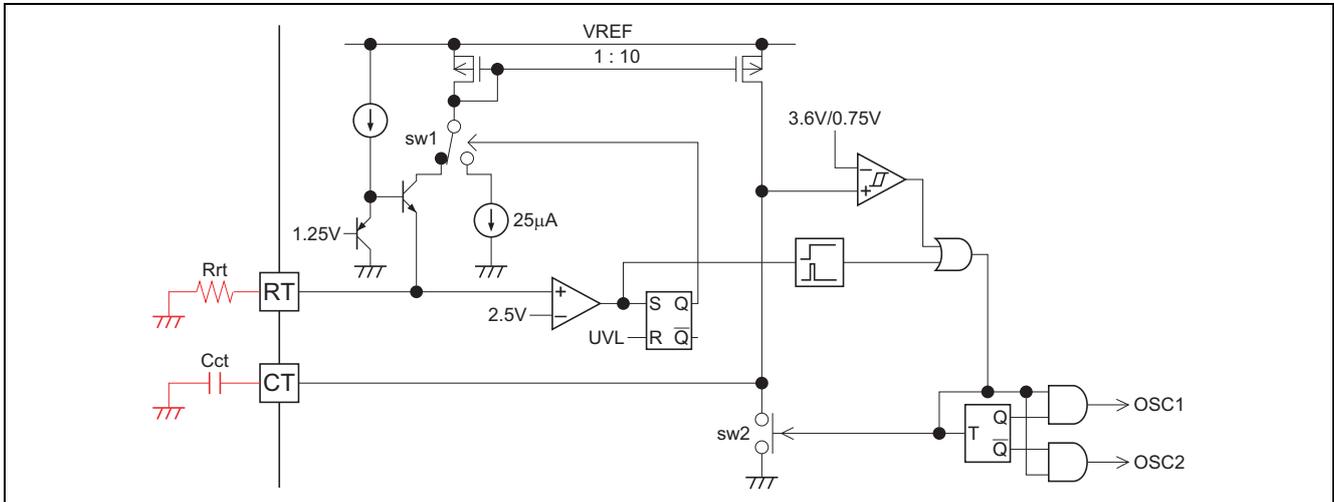


図 10 OSC ブロック概略図

同期信号は立ち上がりエッジ (2.5V_{typ.}を閾値) を検出して機能します。同期タイミング図に示すように同期信号の立ち上がりエッジを受けて GD1, GD2 の立ち下がりタイミングが交互に決定されます。

R2A20114A は RT/SYNC 端子電圧が一度でも 2.5V_{typ.}を超えると同期動作モードに移行します。同期動作モードに移行すると、内部スイッチ sw1 が切り替わり、CT のチャージ電流は IC 内部で決まる定電流 250µA_{typ.}±30% に切り替わります (RT/SYNC 端子抵抗に依存しなくなります)。したがって、同期信号が入力されないと IC はこのチャージ電流と CT 端子容量によって決まる周波数で動作します。この周波数は同期信号の周波数よりも遅くなるように Cct の値を決定しなければなりません。

また、一度 RT/SYNC 端子に 2.5V 以上の電圧が印加されると、UVL 電圧以下まで電源電圧 Vcc を下げない限り、sw1 は RT/SYNC 端子側へ切り替わらないので、同期動作を解除するためには Vcc を低下させて IC を一旦リセットする必要があります。

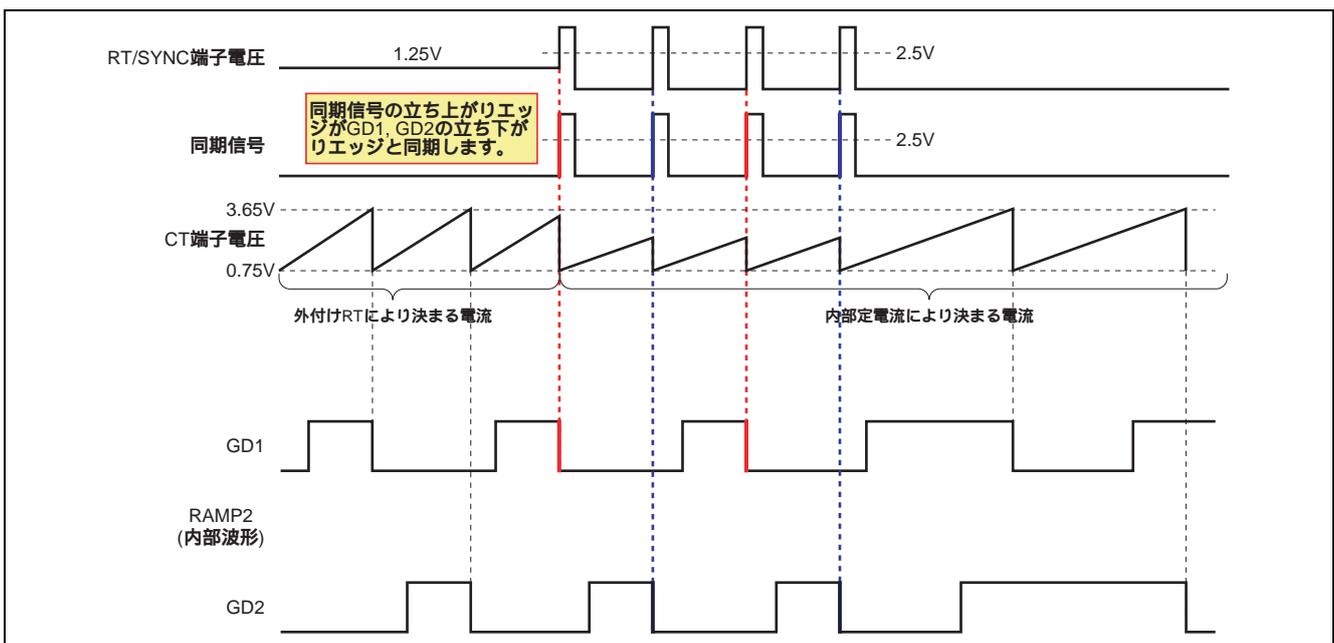


図 11 同期タイミング図

同期機能を使用する場合、以下の点にご注意ください。

- (1) IC 停止時 (Vcc が Low) には同期信号を入力しないでください。
- (2) RT/SYNC 端子に同期信号回路を直接接続している場合、同期信号回路の出力インピーダンスが低いと起動時や通常動作から同期モードに切り替える際 RT/SYNC 端子の最大定格電流値 $200\mu\text{A}$ を超えることが考えられます (注: 同期モードに入ると RT/SYNC 端子はハイインピーダンスになるので電流が流れる可能性があるのは同期モードに入るときのみです。)。その場合は下図のように制限抵抗を挿入したり、ダイオードを挿入することで電流の増加を防いでください。

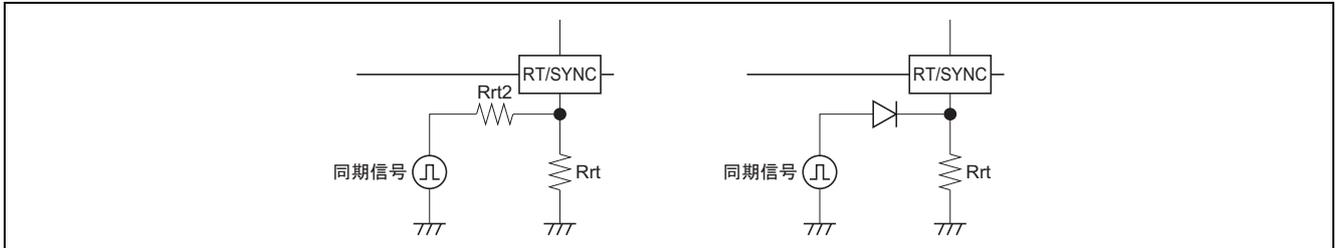


図 12

- (3) 同期モードでは RT/SYNC 端子はハイインピーダンスになるのでノイズや負電位の影響を受ける可能性があります。その場合は、RC フィルタでノイズを除去したり、ショットキーバリアダイオード等で負電位をクランプしてください。
- (4) 同期動作時は、FM 変調機能は動作しません。

4.8 同期出力機能 (R2A20114AFP に適用)

R2A20114AFP には IC の基準発振器に連動した信号を出力する SYNC-O 端子があります。後段の PWM IC を PFC と同期させて動作させたい場合等の基準信号として利用可能です。

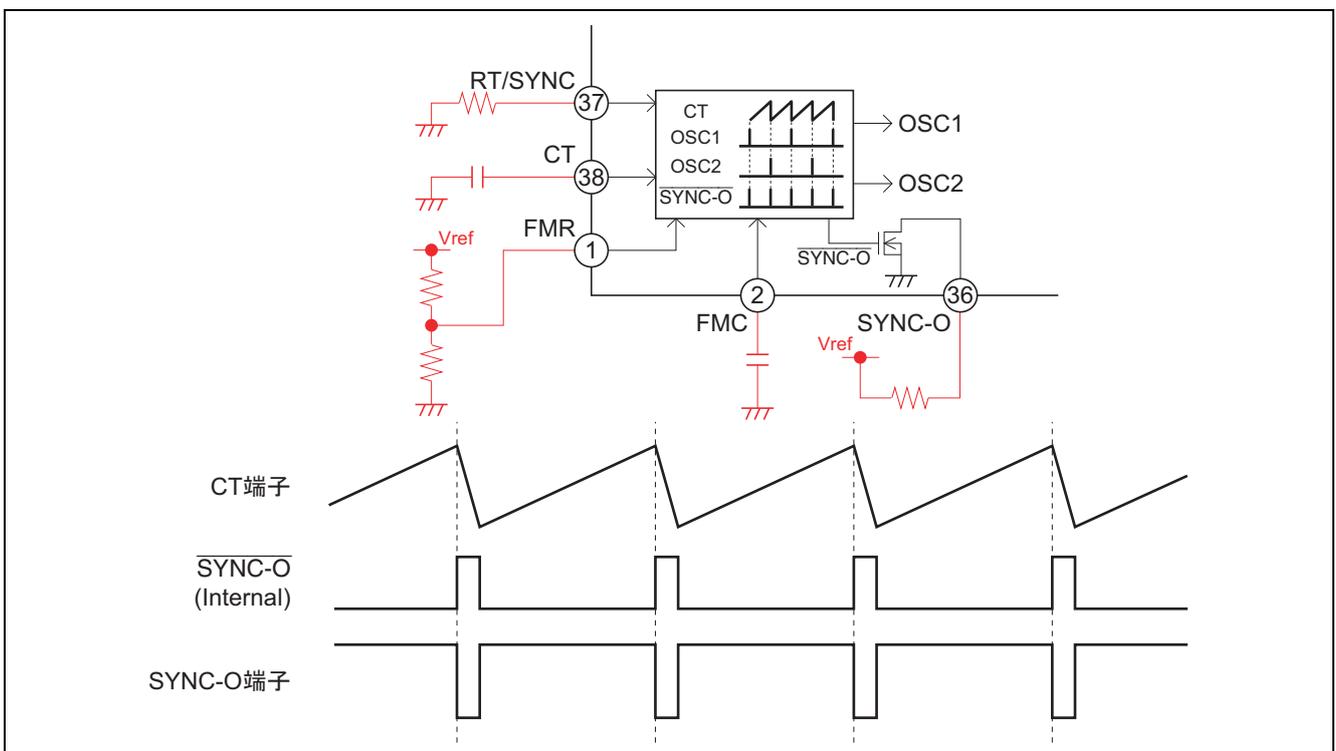


図 13

5. 設計ガイド

【注】 * 外付け部品定数の Excel 版定数計算シートは、お取引いただいている特約店へお問合せください。

5.1 ブーストインダクタ

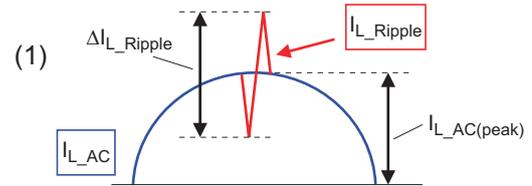
ブーストインダクタの値は、出力電圧と固定スイッチング周波数によって決まります。

スイッチング周波数は、インダクタや入力容量のオーディオノイズを避けるために、最低でも可聴周波数である 20kHz 以上にしなければいけません。一般的には 50kHz 程度に設定します。

昇圧インダクタ値は、(1)式によって求められます。変換効率 η は、およそ 0.9 を入力します。

$$L = \frac{2 \times V_{AC(min)}^2 \times (V_{out} - \sqrt{2} \times V_{AC(min)}) \times \eta \times F_{PFC}}{\gamma \times f_{GD} \times P_{out(max)} \times V_{out}} \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{\Delta I_{L_Ripple}}{I_{L_AC(peak)}} \quad (2)$$



- $V_{AC(min)}$: 最低入力電圧の実効値 [V(rms)]
- V_{out} : 出力電圧 [V]
- $P_{out(max)}$: 最大の出力電力 [W]
- η : 電力変換効率
- F_{PFC} : 力率
- f_{GD} : スwitching周波数 [Hz]
- ΔI_{L_Ripple} : インダクタリップル電流の最大値
- $I_{L_AC(peak)}$: インダクタ電流のピーク値

5.2 出力容量

任意のホールドアップ時間を満足する容量値は次式によって求められます。

$$C_{out} [F] \geq \frac{2 \times P_{out} \times t_{hold}}{V_{out}^2 - V_{out(min)}^2} \quad (3)$$

- thold: 保持時間 [s]
- Vomin: 最低出力電圧 [V]

5.3 パワーMOSFET (IGBT)、ブーストダイオード

パワーMOSFET (IGBT) とブーストダイオードに流れるピーク電流は、次式によって求められます。

変換効率 η は、およそ 0.9 を入力します。

$$I_{in} = \frac{P_{out}}{V_{AC(min)} \times \eta \times F_{PFC}} \quad (4)$$

$$I_{L(peak)} = (1 + \gamma/2) \times I_{in} / \sqrt{2} \quad (5)$$

- I_{in} : 最大入力電流の実効値 [A]
- $I_{L(peak)}$: インダクタ電流のピーク値 [A]

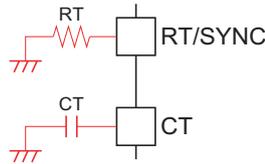
5.4 動作周波数

5.4.1 動作周波数設定

R2A20114A の動作周波数 f_{GD} はタイミング抵抗 R_T (R_T 端子、SOP-20 の 1 ピンまたは、LQFP-40 の 37 ピン) とタイミング容量 C_T (C_T 端子、SOP-20 の 2 ピンまたは、LQFP-40 の 38 ピン) によって決まります。

動作周波数は式(6)によって近似されます。式(6)は、図 14 の参考データの各容量値および抵抗値の範囲全体の誤差が小さくなるように近似した計算式のため、計算結果と実際の周波数は完全に一致しません。よって、式(6)で求めた C_t 、 R_t は初期設定値としてご使用ください。正確に算出する場合は図 14 のグラフから決定するか、Excel 版定数計算シートをご活用ください。

$$f_{GD} = \frac{2.5}{R_T \times C_T} \quad (6)$$



f_{GD} : 動作周波数 [Hz]

最大 R_T 端子電流を $200\mu\text{A}$ 以下にするために R_T 端子に接続する抵抗は $7\text{k}\Omega$ 以上を選定してください。なお、FM 機能を使用すると R_T 端子電流が大きくなりますので R_T 端子電流にご注意ください。

C_T 端子に接続する容量は、寄生容量とノイズの影響を減らすために、 100pF 以上を選定してください。

図 14 に、タイミング抵抗 R_T とタイミング容量 C_T を可変した時の動作周波数 f_{GD} の参考データを示します。

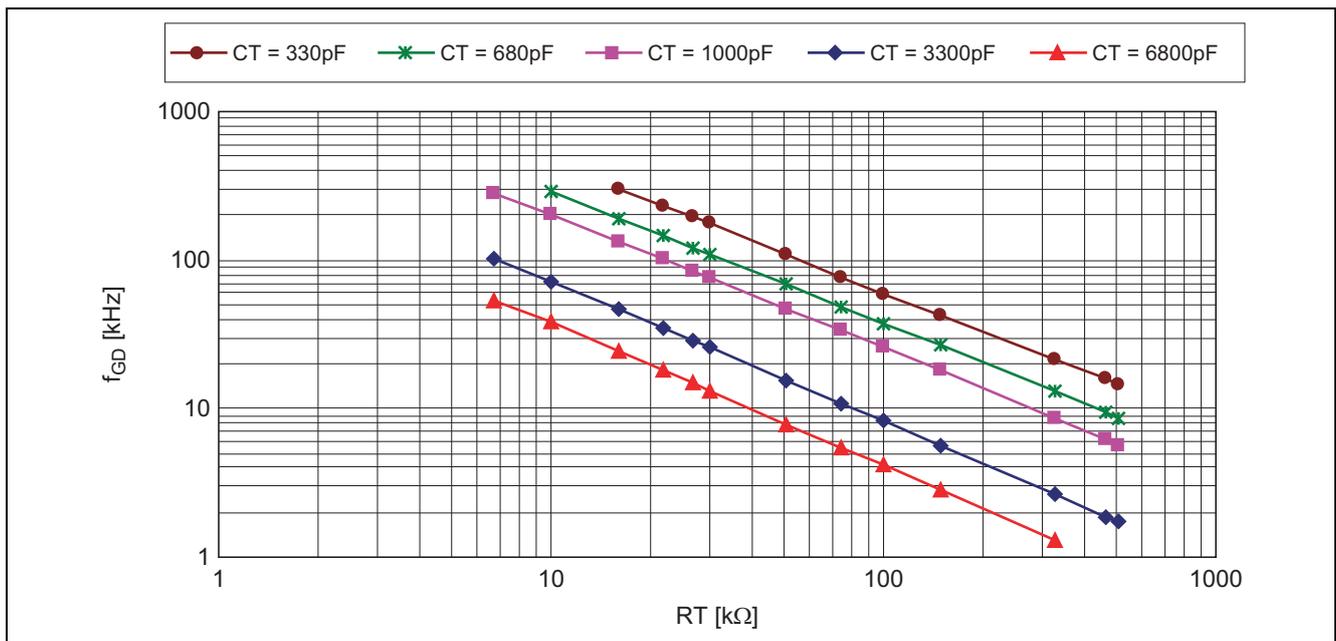


図 14 動作周波数特性

5.4.2 GD の Max Duty 制限について

ドライブ回路の設定によっては、MOS ゲートのディレイ成分により、入力電圧 0V 付近で On Duty が 100% に近い値となることがあります。その結果、図 15-1 のようにゼロクロス付近の入力電流波形が伸びることがあります。このような現象が発生した場合には、図 16 のように、Vref-CT 間に抵抗を接続いただくことで Max Duty が制限され、ゼロクロス付近の入力電流波形を改善することができます。

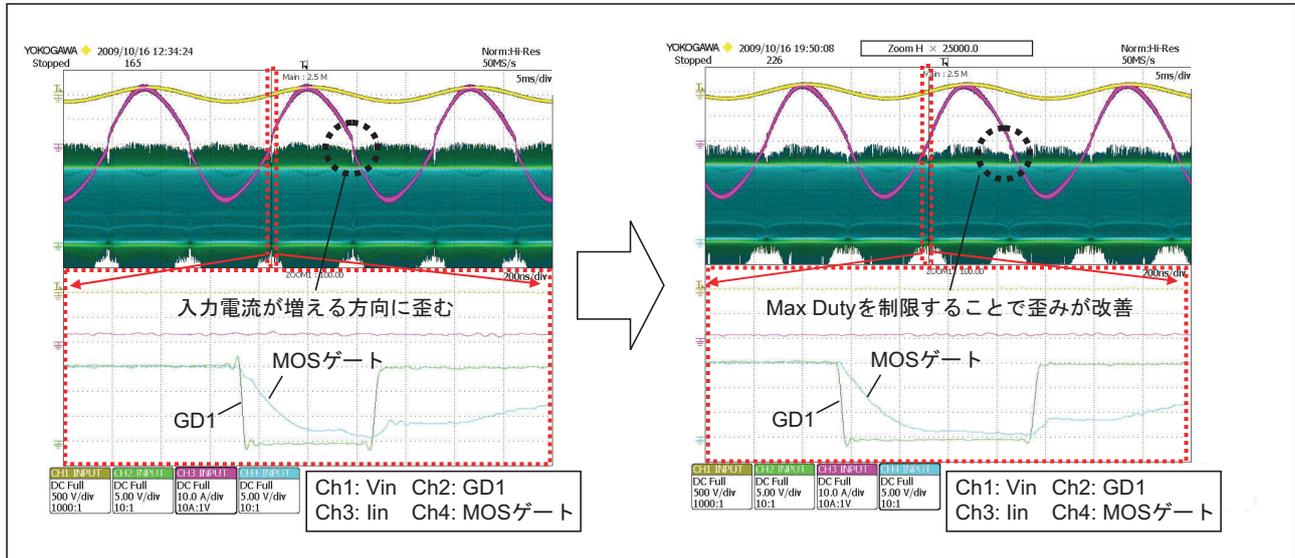


図15-1 ゼロクロス部に歪みの生じた入力電流波形

図15-2 Max Duty制限後の入力電流波形

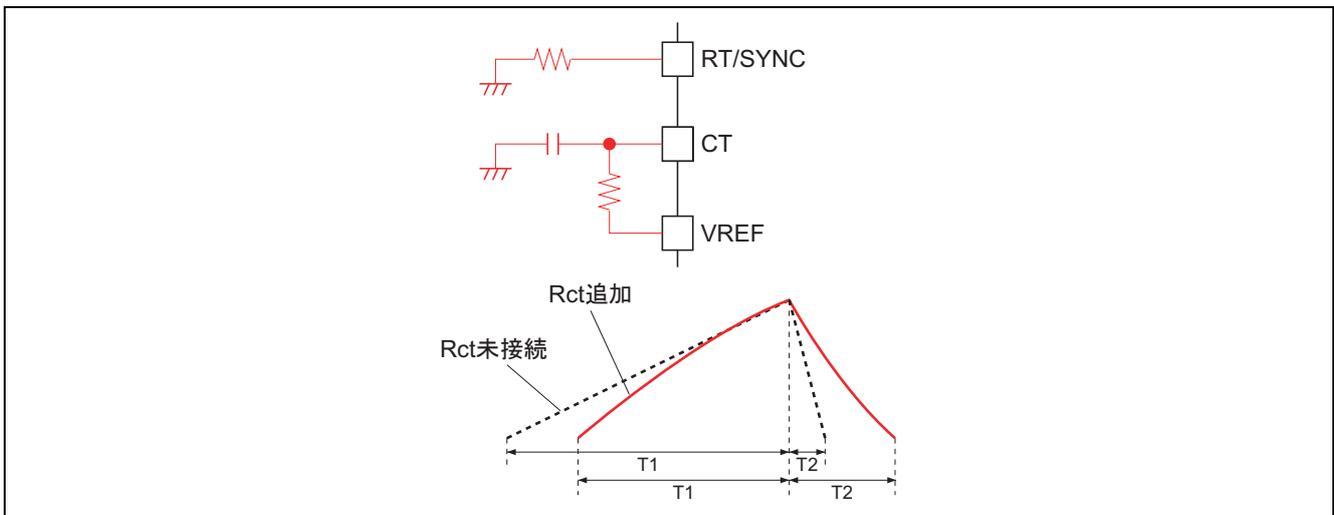


図 16 Max Duty 制限回路

本 IC は RMAP と CSO を比較することで GD のオンパルスを制御しています。RAMP は図 16 のように CT に同期しており、RAMP がディスチャージされて再びチャージされるまでの時間 (デッドタイム) は CT 端子の立ち下がり時間で決まります。Max Duty は RAMP のデッドタイムで決まりますので、CT 端子の立ち下がり時間を調整いただくと、Max Duty を調整できます。この CT と RAMP の関係より、図 16 のように Vref と CT 間に抵抗を挿入し、CT の立ち下がり時間を調節することでゲートドライブのオフ時間を調節することができます。ただし、抵抗を追加しただけでは発振周波数も変化してしまいますので、合わせて Rt, Ct の調節が必要になります。

本対策回路の定数の決定方法については、エクセルの計算シートを作成しましたので計算シートに沿って値を入力頂き定数を決定してください。

5.5 周波数変調 (FM)

周波数変調機能はノイズ問題が起きた場合にのみ使用することを推奨します。

a) R2A20114AFP

R2A20114AFP の周波数変調機能は、抵抗 R_{FMR1} 、 R_{FMR2} 、タイミング容量 C_{FMC} によって決まります。動作周波数は次式によって近似されます。

$$f_{FM} = \frac{5.6 \times 10^{-6}}{C_{FMC} \times (V_{FMR} - 0.2)} \quad (7)$$

$$df_{GD} = 0.3 \times \frac{V_{FMR} - 0.2}{2.3} \times f_{GD} \quad (8)$$

$$V_{FMR} = 5 \times \frac{R_{FMR2}}{R_{FMR1} + R_{FMR2}} \quad (9)$$

f_{FM} : 変調周波数 [Hz]
 df_{GD} : 動作周波数の変調幅 [Hz]
 f_{GD} : Rt, Ctにより決まる基本周波数 [Hz]

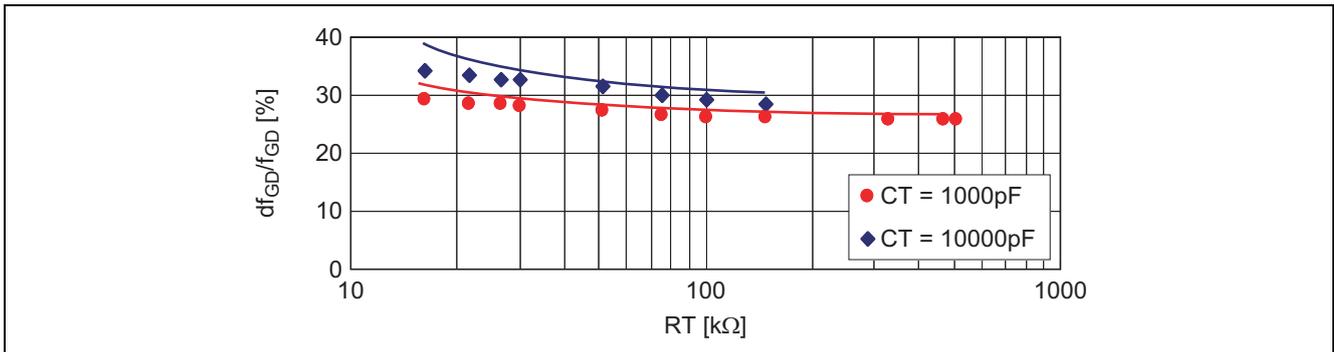
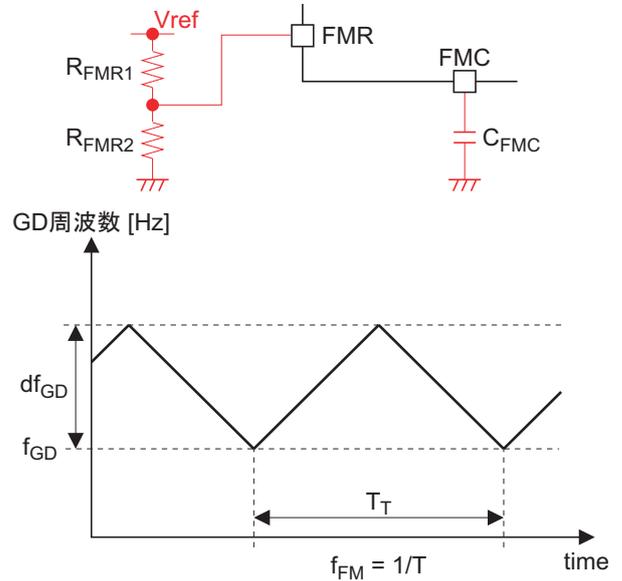


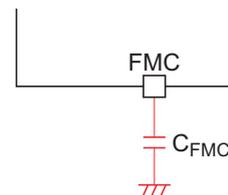
図 17 RT 抵抗 vs. df_{GD}/f_{GD} ($V_{FMR} = 2.5V$)

b) R2A20114ASP

R2A20114ASP の周波数変調機能は、変調周波数 f_{FM} のみ調整可能です。変調周波数 f_{FM} は、タイミング容量 C_{FM} によって決まり式(10)によって近似されます。また、動作周波数の変調幅 df_{GD} は、動作動作周波数 f_{GD} のみによって決定し、式(11)で近似されます。

$$f_{FM} [\text{Hz}] = \frac{5.6 \times 10^{-6}}{C_{FMC} \times 2.3} \quad (10)$$

$$df_{GD} [\text{Hz}] = 0.3 \times f_{GD} \quad (11)$$



本機能を使用しない場合、FMR 端子はオープン、FMC 端子は GND へ接続します。

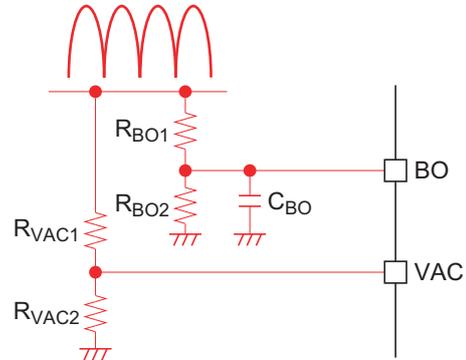
5.6 入力 AC 電圧検出

入力 AC 電圧に応じて PFC 動作を ON/OFF する場合は、式(12)に従って、全波整流波を抵抗分割してコンデンサで平滑した信号を BO 端子に印加してください。PFC の ON/OFF 動作をマイコン等で行い、AC 電圧と連動する必要がない場合は、BO 端子への全波整流波からの回路は不要です。VAC 端子への全波整流波からの回路は必ず接続してください。

$$V_{BO} = \frac{2\sqrt{2} \times R_{BO2} \times V_{ac}}{\pi \times (R_{BO1} + R_{BO2})} \quad (12)$$

$$C_{BO} = \frac{1}{2\pi \times f_c + \left(\frac{R_{BO1} \times R_{BO2}}{R_{BO1} + R_{BO2}} \right)} \quad (13)$$

V_{ac} : 最低入力電圧の実効値 [V(rms)]
 f_c : カットオフ周波数 [Hz]



VAC 端子には全波整流波を抵抗分割した信号を必ず印加してください。5.11.1 項の式(20)で OVP2 端子の抵抗分割値を決めてから、式(14)を満足するように設定してください。

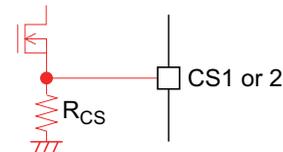
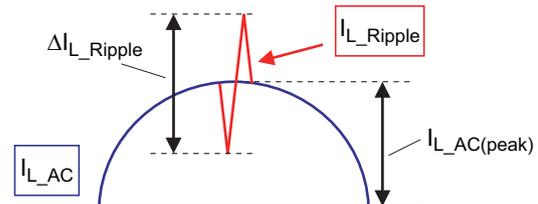
$$\frac{R_{VAC1}}{R_{VAC2}} = \frac{R_{OVP2_1}}{R_{OVP2_2}} \quad (14)$$

5.7 電流検出抵抗

a) R2A20114ASP/AFP

$$R_{CS} \leq \frac{0.3\sqrt{2} \times V_{ac} \times \eta \times F_{PFC}}{P_{out} \times (2 + \gamma)} \quad (15)$$

電流検出抵抗は(15)式の範囲内で設定します。小さい値にすれば抵抗による損失は低減できますが、過電流値も大きくなるのでパワー素子の定格に注意が必要です。



<R2A20114ASP/AFPカレントセンス部>

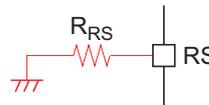
V_{ac} : 力電圧の実効値 [V]
 P_{out} : 最大出力電力 [W]
 η : 電力変換効率
 F_{PFC} : 力率
 γ : インダクタ電流のリプル含有率
 ΔI_{L_Ripple} : インダクタリプル電流の最大値 [A]
 $I_{L_AC(peak)}$: インダクタ電流のピーク値 [A]

5.8 電流増幅器の位相補償回路

5.8.1 RS 端子

a) R2A20114ASP/AFP

$$R_{RS} [\Omega] = \frac{L \times 10^9}{2.5 \times R_{CS}} \times \frac{R_{ovp2_2}}{R_{ovp2_1} + R_{ovp2_2}} \quad (16)$$



L: インダクタンス [H]

R_{cs}: 電流検出抵抗値 [Ω]

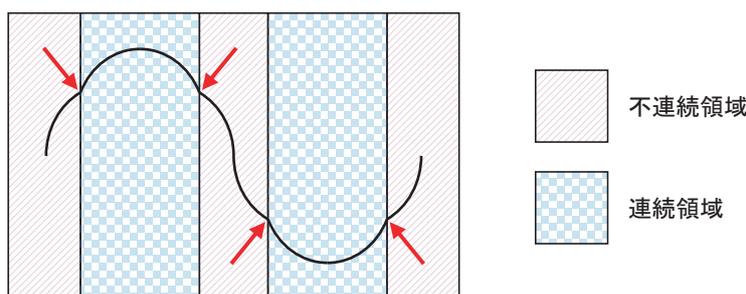
V_{out}: 出力電圧 [V]

(16)式から RS 端子抵抗は昇圧インダクタンス値に比例するので、ダスト系のインダクタのようにインダクタンスの電流重畳特性が大きい場合は注意が必要です。また、式(16)は基本的には最大電流時のインダクタンス値で計算します。

RS 端子抵抗は AC 入力電流波形に影響を及ぼします。一般的に RS 端子抵抗値が小さい場合は、AC 入力電流波形のピーク部が伸びて全体的に三角波状になりやすく、逆に RS 端子抵抗値が大きい場合は、ピーク部がつぶれて台形状になりやすくなる傾向があります。調節の目安にしてください。

また、最大負荷時にロードレギュレーションが大幅に悪化する場合、オンデューティに制限 (COMP 端子電圧が 3.8V 以上) が掛かっている可能性があります。その場合は RS 端子抵抗を下げても調節してください。

PFC 制御では AC 電圧のゼロクロス付近はインダクタ電流が不連続になります。特に昇圧インダクタのインダクタンス値が小さい場合は、不連続領域は大きくなります。このような時に不連続領域と連続領域の境目で入力 AC 電流に下図のような段差が見られることがあります。この段差は 5 次高調波を悪化させます。



このようなときは RS 端子抵抗を小さくすると不連続領域の電流の盛り上がりを抑えられ、この段差は改善します。ただし、小さくしすぎるとピーク部分が盛り上がりすぎてしまい、3 次高調波が悪化します。

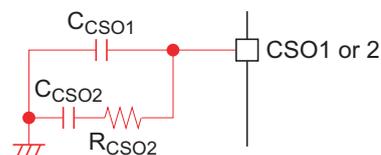
(16)式は連続動作における理論式であり、不連続領域が増加すると計算が合わなくなります。抵抗値は(16)式で計算された値よりも 1/10 程度になることもあります。実機にて入力 AC 電流波形を確認しながら最も高調波電流が良くなる値に調節してください。

5.8.2 CSO 端子

CSO1 端子、CSO2 端子は PFC 制御の電流ループの特性を決定します。電流ループは AC 入力電流を AC 入力電圧と相似の Sine 波に整形するのに重要な役割を担っています。下記特性の合わせ込みは Excel 版定数計算シートをご活用ください。

電流ループ周波数特性は、

- ・ AC 入力周波数の2倍で十分なゲインを持つこと
 - ・ スイッチング周波数で十分低いゲインを持つこと
 - ・ 位相余裕が十分あること
- となるように設定してください。



設定の目安を下記に示します。

- ・ AC 入力周波数の2倍で40dB以上
- ・ 電流ループのゼロ周波数をスイッチング周波数の約1/10
- ・ スイッチング周波数で約-30dB以下
- ・ 位相余裕 60°以上

すべての条件を満たすのは難しいので可能な限り満足するように調節してください。

周波数特性の調節については 5.12.2項を参照してください。

CSO 端子の部品は AC 入力電流の形と安定性に影響があります。AC 入力電流が不安定の場合、一般的に Ccs02 を大きくするとインダクタ電流が安定する傾向になりますが、AC 入力電流波形の歪みは大きくなる傾向があります。

CSO1 端子と CSO2 端子の外付け部品は同一の値にしてください。

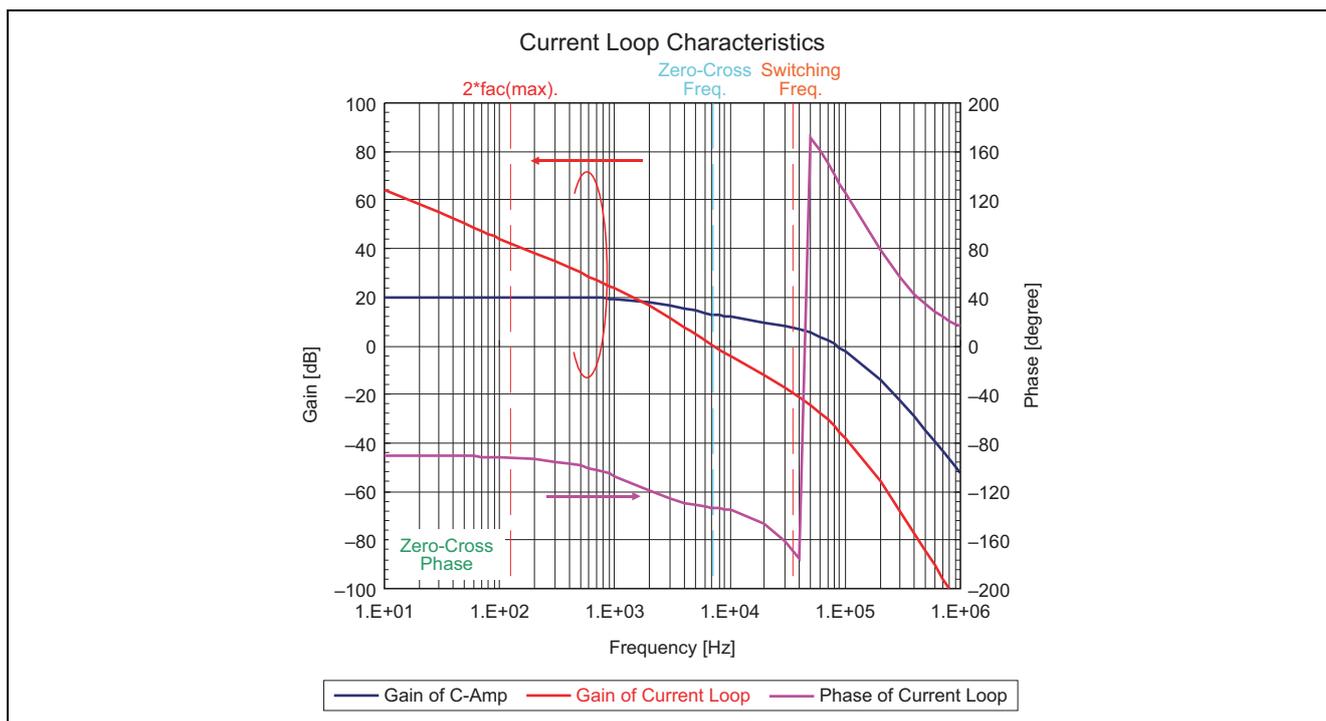


図 18 電流ループ周波数特性の設定について

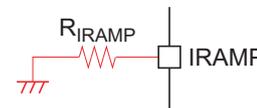
5.9 IRAMP 端子抵抗

設計目標とする最も低い AC 電圧で最大電力を出力できるように R_{IRAMP} を求めます。最低 AC 電圧、最大電力では、連続モードで動作していることを前提とした場合、 R_{IRAMP} は次式で近似されます。ただし、下記は近似式であるため、正確に定数を計算する場合には Excel 版定数計算シートをご活用ください。

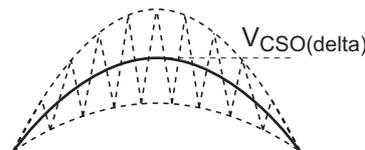
R_{IRAMP} は大きくしすぎるとロードレギュレーションが悪化し、小さくしすぎると電流波形が歪みます。

出力電圧、入力電流波形を確認しながら調整してください。

$$R_{IRAMP} [\Omega] = 4 \times 10^9 \times \left(\frac{\sqrt{2} \times V_{AC(min)}}{V_{OUT} \times f_{GD}} - 2 \times 10^{-6} \right) \times \frac{1}{V_{CSO(delta)}} \quad (17)$$



$V_{CSO(delta)}$: CSO端子ピーク電圧 [V]

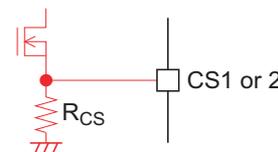


ただし、 $V_{CSO(delta)}$ は、R2A20114A において、それぞれ式(18)で表されます。

【注】 CSO 信号は、CS 端子より検出した MOS 電流と IC 内部で計算されたダイオード電流とを加算したインダクタ電流に似た電圧波形を平滑する端子で、それぞれ(18)で表されます。

a) R2A20114ASP/AFP

$$V_{CSO(delta)} [V] = \frac{4.5 \sqrt{2} \times P_{out} \times R_{CS}}{V_{AC} \times \eta} \quad (18)$$



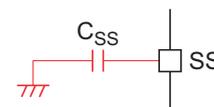
<R2A20114ASP/AFPカレントセンス部>

5.10 ソフトスタート端子容量

SS 端子電圧が V_{SS} となるまでの時間を t_{ss} とする SS 端子容量 C_{SS} は次式で表されます。 V_{SS} は 1V を目安としてください。

ただし、出力電圧 V_{out} の上昇時間 t_{ss}' は負荷や入出力条件によって異なりますので、目安として C_{SS} を決定頂いた後に実動作にて V_{out} 、入力電流 I_{in} を確認しながら調整してください。

$$C_{SS} [\mu F] = \frac{28 \times 10^{-6}}{V_{SS}} \times t_{ss} \quad (19)$$



V_{SS} : SS 端子電圧 [V]

t_{ss} : ソフトスタート時間 [s]

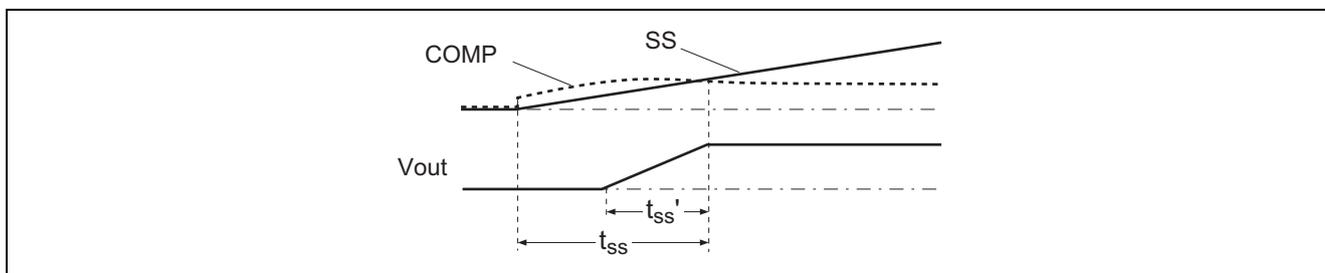


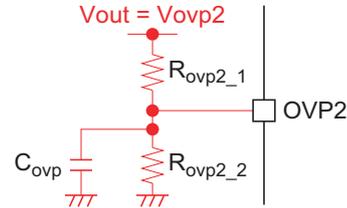
図 19 ソフトスタート時の各端子波形

5.11 保護機能

5.11.1 OVP2 電圧設定

FB 端子にも OVP 機能は内蔵されていますが、FB 端子の分割抵抗が中途半端に壊れて抵抗値に異常が生じたような場合には、FB 端子が通常の制御動作を継続してしまう可能性があります。このとき FB 端子自身は正常な制御動作を行っているため FB 端子の OVP 機能では異常を検出できません。OVP2 端子は FB 端子とは別系統の抵抗分割回路で出力電圧をモニタすることで、このような異常を検出できます。

$$V_{OVP2} [V] = \frac{R_{ovp2_1} + R_{ovp2_2}}{R_{ovp2_2}} \times 2.5 \times 1.08 \quad (20)$$



OVP2 端子の抵抗分割値を設定したら、式(12)を元に VAC 端子の抵抗値を設定してください。

$$\frac{R_{VAC1}}{R_{VAC2}} = \frac{R_{OVP2_1}}{R_{OVP2_2}} \quad (14)$$

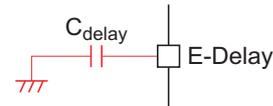
OVP2 機能を使用しない場合でも OVP2 端子には出力電圧に応じた電圧を印加してください。

5.11.2 E-Delay 設定

OCP 状態になってから ERROR 信号を出力するまでの時間 t_{delay} を設定します。

OCP 状態が継続しても ERROR 信号を出力する必要が無い場合は E-DELAY 端子を GND にショートしてください。

$$C_{delay} = \frac{36 \times 10^{-6}}{2.54} \times t_{delay} \quad (21)$$



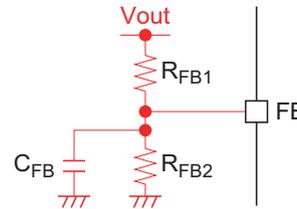
5.12 出力電圧設定、電圧アンプの周波数特性

5.12.1 出力電圧設定

R2A20114A はFB 端子が常に約 2.5V になるようにフィードバック制御されるので、出力電圧が一定に制御されます。出力電圧値はFB 端子の抵抗分割回路で決定されます。

また、R2A20114AFP (SP は非対応) は P26"5.15 フォローブースト動作について"に記載している外部回路等によって、出力電圧が調整可能です。

$$V_{OUT} = \frac{R_{FB1} + R_{FB2}}{R_{FB2}} \times 2.5 \quad (22)$$



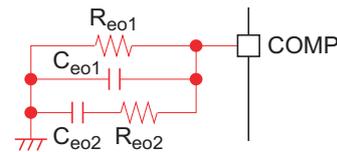
5.12.2 COMP パラメータ設定

電圧、電流アンプはトランスコンダクタンスアンプ (以下 gm アンプ) です。

gm アンプは入力側へ帰還をかける必要がないため、帰還回路の入力側への影響を無くすることができます。gm アンプのゲインはトランスコンダクタンスと出力インピーダンスの積で表され、(23)式によって求められます。G_{m-v} は電圧アンプのトランスコンダクタンス、R_{vo} は電圧アンプ自身の出力抵抗です。

COMP 端子定数設定は CSO 端子定数と同様、Excel 版定数計算シートをご活用ください。

$$G_V = G_{m-v} \times \frac{1}{\frac{1}{R_{vo}} + \frac{1}{R_{eo1}} + j\omega C_{eo1} + \frac{1}{R_{eo2} + \frac{1}{j\omega C_{eo2}}}} \quad (23)$$



G_{m-v}: エラーアンプのトランスコンダクタンス [S]

R_{vo}: エラーアンプの出力抵抗 [Ω]

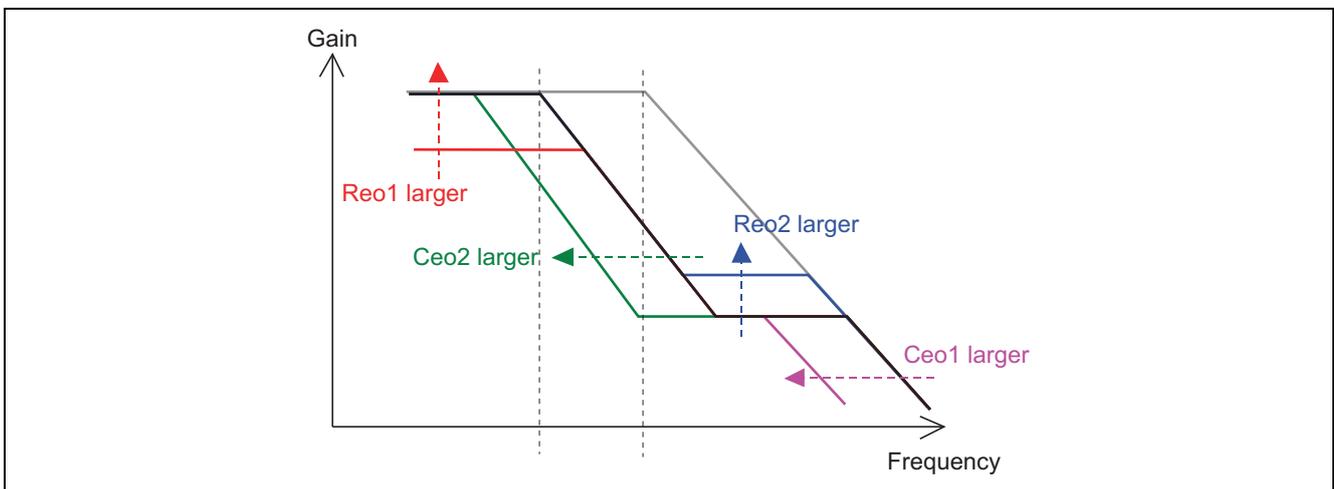


図 20 ゲイン周波数特性の概略図

COMP 端子は PFC 制御の電圧ループ特性を決定します。電圧ループ特性は出力電圧に関する制御に関係し、主に出力電圧のリプル特性、ロードレギュレーション特性、応答特性、安定性に影響を及ぼします。

電圧ループ周波数特性は、

- AC 入力周波数の 2 倍で十分低いゲインを持つこと
- ゼロクロス周波数が AC 入力周波数より低いこと
- 位相余裕が十分あること

となるように設定するのが基本的となります。

一般的な設定の目安を下記に示します。

- AC 入力周波数の 2 倍で -30dB 以下
- ゼロクロス周波数が AC 入力周波数の約 1/5 以下
- 位相余裕 60°以上

相反する特性もあるのですべての条件を満たすことは非常に難しいですが、可能な限り満足するように調節してください。

各パラメータは主に以下のような特性に影響があります。

R_{eo1} は出力電圧のロードレギュレーションを決定します。抵抗値が小さいほど負荷に対する出力電圧の変動が大きくなります。

C_{eo1} は AC 周波数の 2 倍の周波数のゲインが出力電圧のリプルに影響します。ゲインが低いほどリプルは小さくなります。このゲインを小さくするには C_{eo1} を大きくします。ただし、出力電圧の応答性は悪化します。

R_{eo2}, C_{eo2} はゼロを作り位相余裕を確保します。

あくまで目安ですので、実際の電源装置で動作確認を行ってください。実機で動作確認をして、特性要求に応じて調節を実施してください。

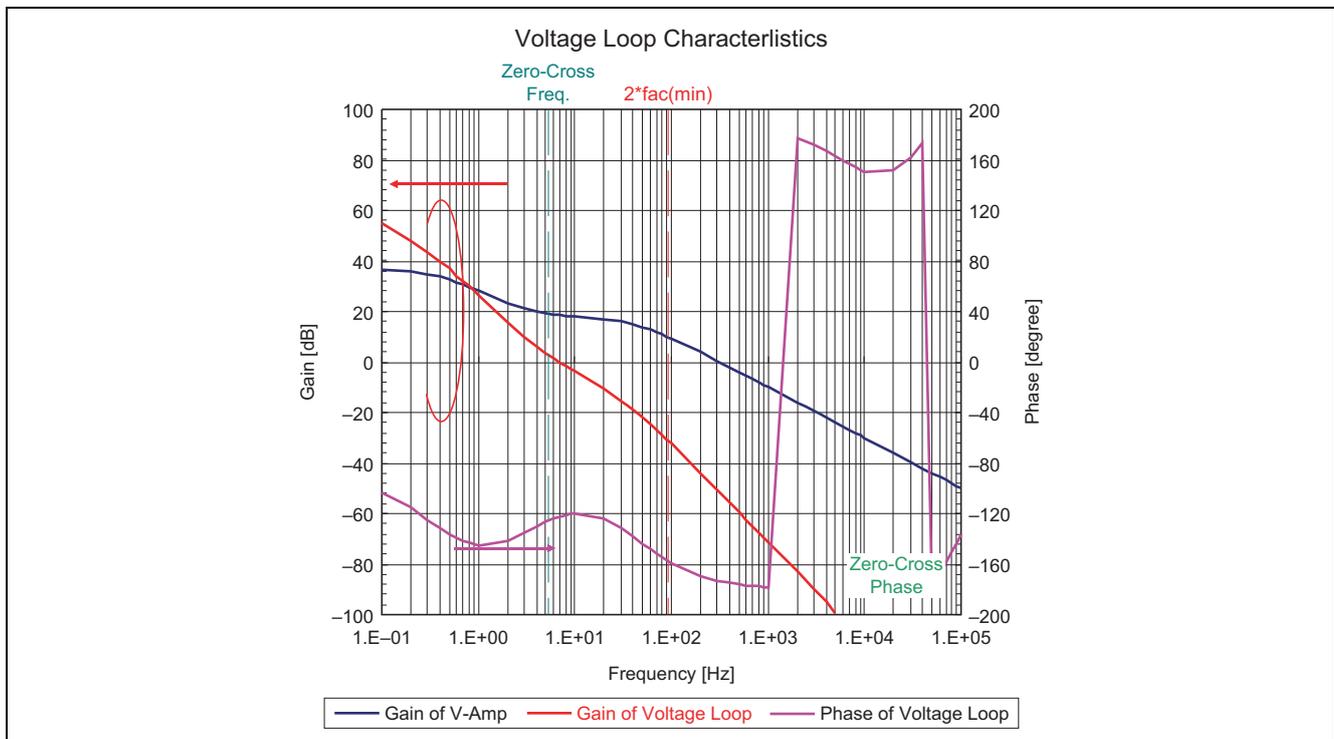
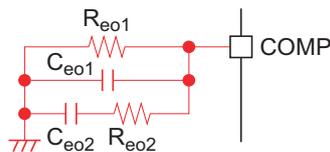


図 21 電圧ループ周波数特性の設定について

5.13 各端子の処理について

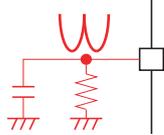
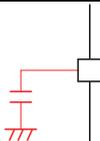
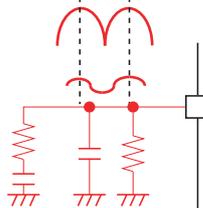
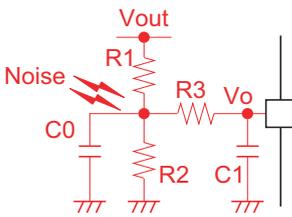
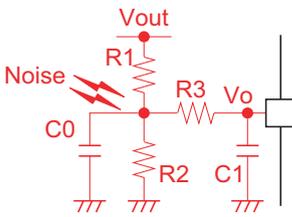
IC の入力端子は一般的にインピーダンスが高くなるので外来ノイズの影響を受ける可能性が高くなります。また、入力される信号のオーバershoot/アンダershootによる影響も考えられます。出力端子は安定化のためにデカップリングコンデンサが必要であったりします。各端子の処理例と注意点を示します。あくまで目安を示したものですので、実機で十分にご確認ください。

ピン No.		ピン名	端子回路例	設定注意点
LQFP40	SOP20			
1	—	FMR		<ul style="list-style-type: none"> 端子の値が変動すると FM 機能の周波数変調幅が変動します。 スイッチングノイズによる誤動作が無ければ R3,C1 のフィルタ回路は不要です。 フィルタのカットオフ周波数特性はスイッチング周波数の 1/10 程度を目安で設定してください。
2	3	FMC/FM		<ul style="list-style-type: none"> コンデンサは可能な限りピン直に接続してください。
3	4	VREF		<ul style="list-style-type: none"> VREF 端子は IC 内部の基準電圧源なので、必ず 0.1μF 以上のデカップリングコンデンサを接続してください。 デカップリングコンデンサは対 AGND 端子と可能な限り最短で接続してください。 周辺回路の電圧源として使用可能ですが、5mA 以上の負荷を接続しないでください。
4	5	BO		<ul style="list-style-type: none"> BO 端子はゲートパルスの ON/OFF するのでノイズ等で誤動作を起こすとゲートパルスに歯抜けが生じます。 AC 電圧に応じて ON/OFF する場合、AC 周波数のリップルを除去する必要があるため、検出回路 R1,R2,C0 のカットオフ周波数を AC 周波数の 1/10 程度に設定してください。また、検出回路を IC の近くに配置できない場合、配線の引き回しでスイッチングノイズを拾う可能性があるためピン直にスイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3,C1 を追加してください。 マイコン等から信号を受けて ON/OFF 機能のみ使用するような場合もスイッチングノイズ対策として、ピン直にスイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3,C1 を追加してください。

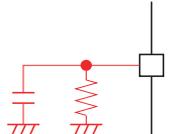
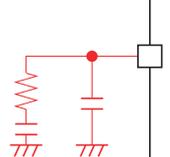
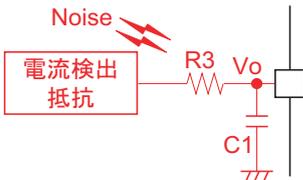
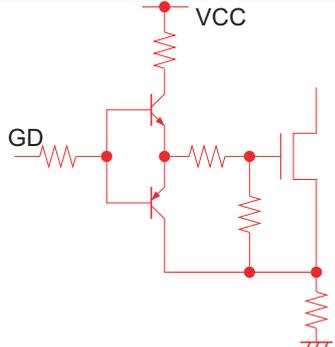
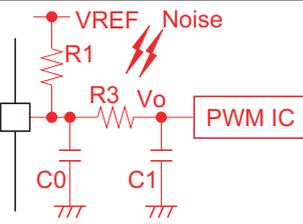
(次頁へ続く)

ピン No.		ピン名	端子回路例	設定注意点
LQFP40	SOP20			
5	6	VAC		<ul style="list-style-type: none"> 全波整流波から VAC 端子への検出回路 R1,R2,C0 はカットオフ周波数を AC 周波数の 20 倍程度に設定して、可能な限り、歪み、位相ずれがないようにしてください。 上記検出回路で通常はスイッチングノイズもフィルタされますが、検出回路からの引き回しが長いような場合等、必要に応じて、ピン直にスイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3,C1 を追加してください。 R1/R2 の抵抗比は後述の OVP2 端子 (R2A20114ASP では FB 端子)の検出回路の抵抗比と同じにします。
6	—	PD		<ul style="list-style-type: none"> マイコン等から信号を受けて PD 機能を使用するような場合、必要に応じて、ピン直にスイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3,C1 を追加してください。
8	—	E-DELAY		<ul style="list-style-type: none"> コンデンサは可能な限りピン直に接続してください。
11	—	ERROR		<ul style="list-style-type: none"> ERROR 端子はオープンドレイン端子なので使用する場合はプルアップ抵抗 R1 が必要です。必要に応じて容量 C0 を追加することで ERROR 信号の感度を落とすことが可能です。 マイコン等で信号を受ける場合、回路の引き回しでスイッチングノイズの影響を受ける場合があります。必要に応じてマイコン直にスイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3,C1 を追加してください。
12	—	OFF		<ul style="list-style-type: none"> マイコン等から信号を受けて OFF 機能を使用するような場合、必要に応じて、ピン直にスイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3,C1 を追加してください。 OFF 端子は 100kΩ で、IC 内部でプルダウンされています。OFF 機能が正常に動作するようにフィルタの抵抗値 R3 にご注意ください。

(次頁へ続く)

ピン No.		ピン名	端子回路例	設定注意点
LQFP40	SOP20			
13	8	RS		<ul style="list-style-type: none"> RS 端子には OVP2 端子電圧と VAC 端子電圧の差を約 1/5 した電圧が出力されます。全波整流波形が上下反転したような電圧が出力されるのでカットオフ周波数を AC 周波数の 20 倍程度に設定して、可能な限り、歪み、位相ずれがないようにしてください。
14	9	SS		<ul style="list-style-type: none"> 要求される PFC 回路の起動時間に合わせて容量値を調節してください。
15	10	COMP		<ul style="list-style-type: none"> 設定法については 5.12.2 を参照ください。 この COMP 端子に出てくるリップル電圧とその位相が高調波電流に影響を及ぼします。下記 FB 端子の検出回路の周波数特性と電圧アンプの周波数特性を決めるこの COMP 端子の回路により COMP 端子のリップル電圧とその位相が決定されます。リップル電圧を小さく、AC 周期に対する位相ズレを小さくすると高調波電流は改善します。
17	11	FB		<ul style="list-style-type: none"> R1,R2 の抵抗比により出力電圧が決定されます。 出力電圧から FB 端子への検出回路 R1,R2,C0 は上記 COMP 端子のリップル電圧の位相が AC 周期の位相と合うようにカットオフ周波数を調節してください。 上記検出回路で通常はスイッチングノイズもフィルタされますが、検出回路からの引き回しが長いような場合等、必要に応じて、ピン直にスイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3,C1 を追加してください。 R2A20114ASP の場合は VAC 端子の抵抗比はこの FB 端子の抵抗比と同じにします。
18	—	OVP2		<ul style="list-style-type: none"> 出力電圧から OVP2 端子への検出回路の周波数特性は FB 端子と同程度の特性にしてください。 R1/R2 の抵抗比は検出したい過電圧レベルに応じて設定します。前述の VAC 端子の検出回路の抵抗比はこの抵抗比と同じにします。

(次頁へ続く)

ピン No.		ピン名	端子回路例	設定注意点
LQFP40	SOP20			
22	12	IRAMP		<ul style="list-style-type: none"> IRAMP 端子には COMP 端子電圧を約 1/5 した電圧が出力されます。カットオフ周波数はスイッチング周波数程度に設定してください。
23 24	13 14	CSO2 CSO1		<ul style="list-style-type: none"> 設定法については 5.8.2 を参照ください。
25 26	15 16	CS2 CS1		<ul style="list-style-type: none"> 電流検出抵抗から CS 端子へは、ピン直にスイッチング周波数の 3 倍 ~ 10 倍程度でできるだけ高いカットオフ周波数の RC フィルタを追加してください。
28	17	VCC		<ul style="list-style-type: none"> 補助電源等からのノイズが入り込んで動作が不安定になることがあります。そのような場合は、ノイズ除去のためにピン直に RC フィルタを追加すると安定することがあります。
32 34	18 20	GD2 GD1		<ul style="list-style-type: none"> ドライバ回路を追加する場合はスイッチ素子の近くに配置してください。
36	—	SYNC-O		<ul style="list-style-type: none"> SYNC-O 端子はオープンドレイン端子なので使用する場合はプルアップ抵抗 R1 が必要です。必要に応じて容量 C0 を追加することで SYNC-O 信号の感度を落とすことが可能です。ただし、SYNC-O 信号の Low 期間は GD 端子の周期の 1/40 程度と短いのでご注意ください。 後段の PWM-IC やマイコン等で信号を受ける場合、回路の引き回しでスイッチングノイズの影響を受ける場合があります。必要に応じて PWM-IC やマイコン直にノイズ周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタ R3, C1 を追加してください。

(次頁へ続く)

ピン No.		ピン名	端子回路例	設定注意点
LQFP40	SOP20			
37	1	RT/SYNC		<ul style="list-style-type: none"> 通常動作時、RT/SYNC 端子には約 1.25V の電圧が出力されます。必要に応じて、スイッチング周波数の 1/10 程度のカットオフ周波数の RC フィルタを構成してください。 同期動作時は RT/SYNC 端子はハイインピーダンス状態になります。同期信号の引き回し等でオーバシュートやアンダシュート、ノイズ等による悪影響が起きる可能性があります。RC フィルタやショットキーバリアダイオード等を使用して不要な成分を除去してください。
38	2	CT		<ul style="list-style-type: none"> コンデンサは可能な限りピン直に接続してください。

5.14 多相動作について

IC の同期機能を利用することでさらに多くの相数で動作させることができます。4 相動作の方法については別資料の「R2A20114 シリーズ 4 相動作アプリケーションノート」を参照ください。

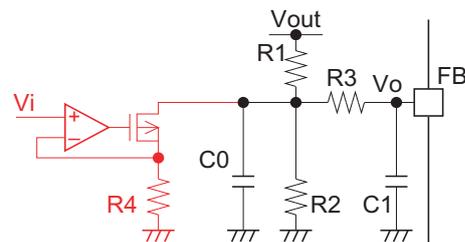
5.15 フォローブースト動作について

R2A20114A 単体では出力電圧を可変させるフォローブースト動作はできません。外部回路を用いてフォローブースト動作をさせる例を示します。Vi の電圧をコントロールすることによって、Vout が変化します。実際に採用する場合は実機で十分にご確認ください。

R2A20114ASP (SOP20 版) ではこのようなフォローブースト動作させると、入力 AC 電圧によっては力率が悪化します。これを対策するには下図と同様の回路を VAC 端子にも追加する必要があります。

R2A20114AFP (LQFP40 版) ではフォローブースト動作で力率は悪化しないので、VAC 端子へ追加回路は不要です。

$$V_{OUT}[V] = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \times 2.5 + \frac{R_1}{R_4} \times V_i$$



5.16 未使用端子の処理について

R2A20114A シリーズの、未使用の端子処理を下表に示します。下表に記載している端子以外は必ず使用する端子になりますので、未使用状態にはなりません。

表 2 R2A20114A 未使用端子処理

R2A20114AFP		R2A20114ASP		未使用時端子処理
LQFP-40		SOP-20		
ピン No.	ピン名	ピン No.	ピン名	
1	FMR	—	—	オープン
2	FMC	3	FM	GND
4	BO	5	BO	VREF へ接続
6	PD	—	—	GND
8	E-DELAY	—	—	オープン
11	ERROR	—	—	オープン
12	OFF	—	—	GND
14	SS	—	—	オープン
36	SYNC-O	—	—	オープン
—	N.C.	—	—	オープン

【注】 その他のピンは必ず使用するの未使用状態にはなりません。

"—": 該当ピンなし

5.17 レイアウトパターンのアドバイス

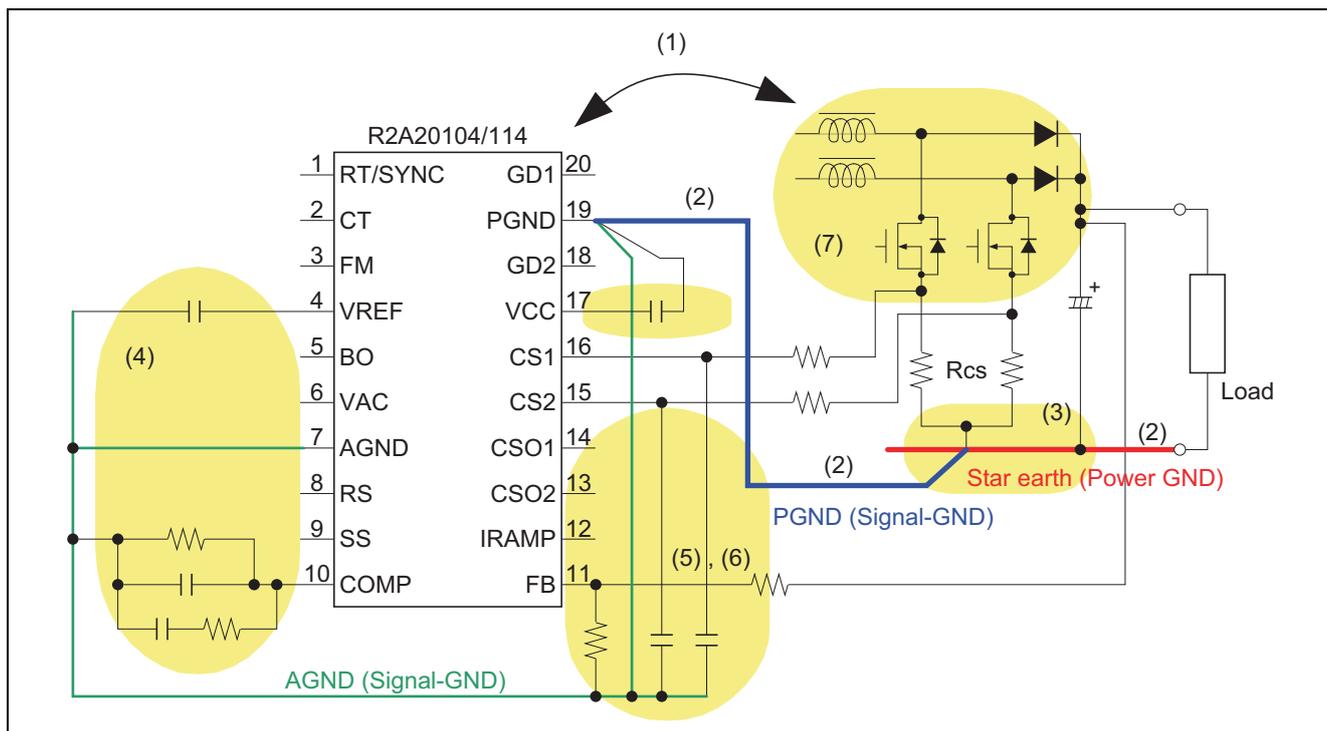


図 22

レイアウトパターンについては下記の点に注意してください。

- (1) PFC IC は高電圧スイッチング部品 (パワー-MOSFET, ダイオード, ブーストコイル) からできるだけ離し、スイッチングノイズが乗らないようにしてください。特にパワー-MOSFET のドレインの輻射に注意してください。
- (2) Power-GND と Signal-GND は確実に分離して、IC の直近で接続してください。Power-GND のパターンは出力容量から PGND まで面積を広くとってください。また Vcc と AGND の間にコンデンサを搭載してください。
- (3) 電流検出抵抗 Rcs のパターンは可能な限り同相にして、出力容量の元で接続してください。
- (4) COMP/VREF ラインの外付け部品は可能な限り IC 直近に搭載してください。
- (5) CS1, CS2 ラインのフィルタは輻射ノイズの影響を避けるため可能な限り IC 直近に搭載してください。
- (6) FB ラインの抵抗は輻射ノイズの影響を避けるため可能な限り IC 直近に搭載してください。
- (7) 高電圧スイッチング部品 (パワー-MOSFET, ダイオード, ブーストコイル) は可能な限り距離を短くしてください。

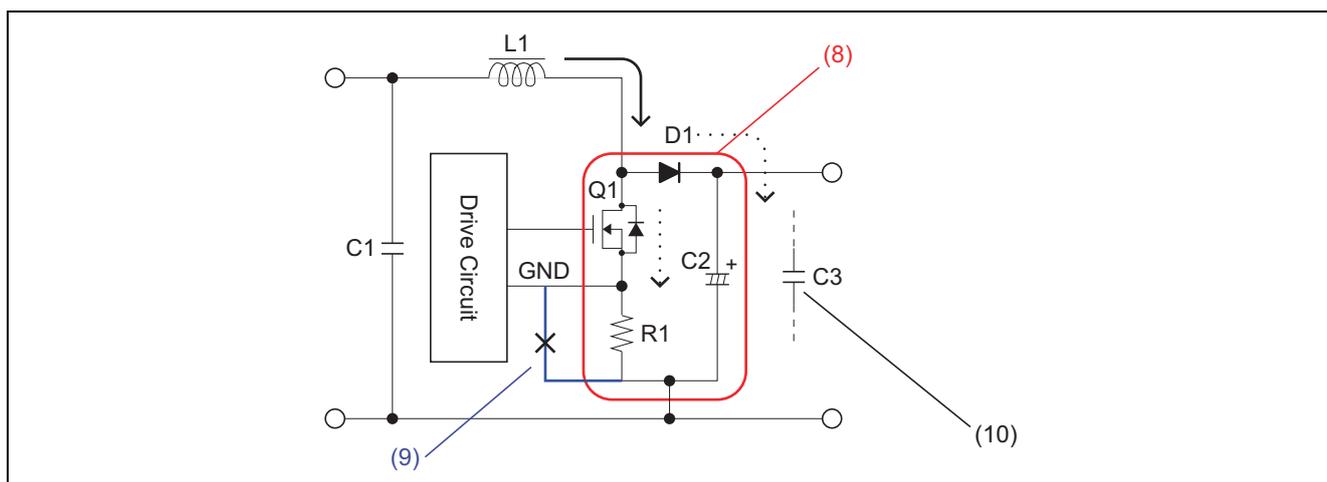


図 23

- (8) 不連続電流が流れるパターンを広く短くすることでパワーMOSのドレイン電圧のオーバーシュートが抑えられます。
- (9) 駆動回路のGNDはパワーMOS(Q1)のソースに接続してください。GND電流は電力回路の大電流と駆動回路の小電流に分離します。
- (10) 出力のスイッチングリップル電圧が大きすぎる場合には、ダイオード(D1)の近くにフィルムコンデンサC3を搭載してください。フィルムコンデンサは高周波特性が良好なものを選定してください。

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問い合わせ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

計算シートについては、お取引いただいている特約店へお問合せください。

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2011.09.08	—	初版発行
2.00	2014.04.02	4, 7, 8, 15, 25, 27	第 2 版発行
3.00	2014.05.15	7	図 7
3.01	2014.06.04	11, 30	計算シートについての注を追加

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も、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て、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

営業お問い合わせ窓口

<http://www.renesas.com>

営業お問い合わ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）

技術的なお問い合わせおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問い合わせ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>