

R2A20132

R03AN0003JJ0201

アプリケーションノート

Rev.2.01

2014.06.04

1. 概要

R2A20132 は、臨界モード (CRM) で動作する力率改善 (PFC) コントローラで、マスタとスレーブの 2 つのブーストコンバータを逆位相で制御するインターリーブ機能を搭載しています。

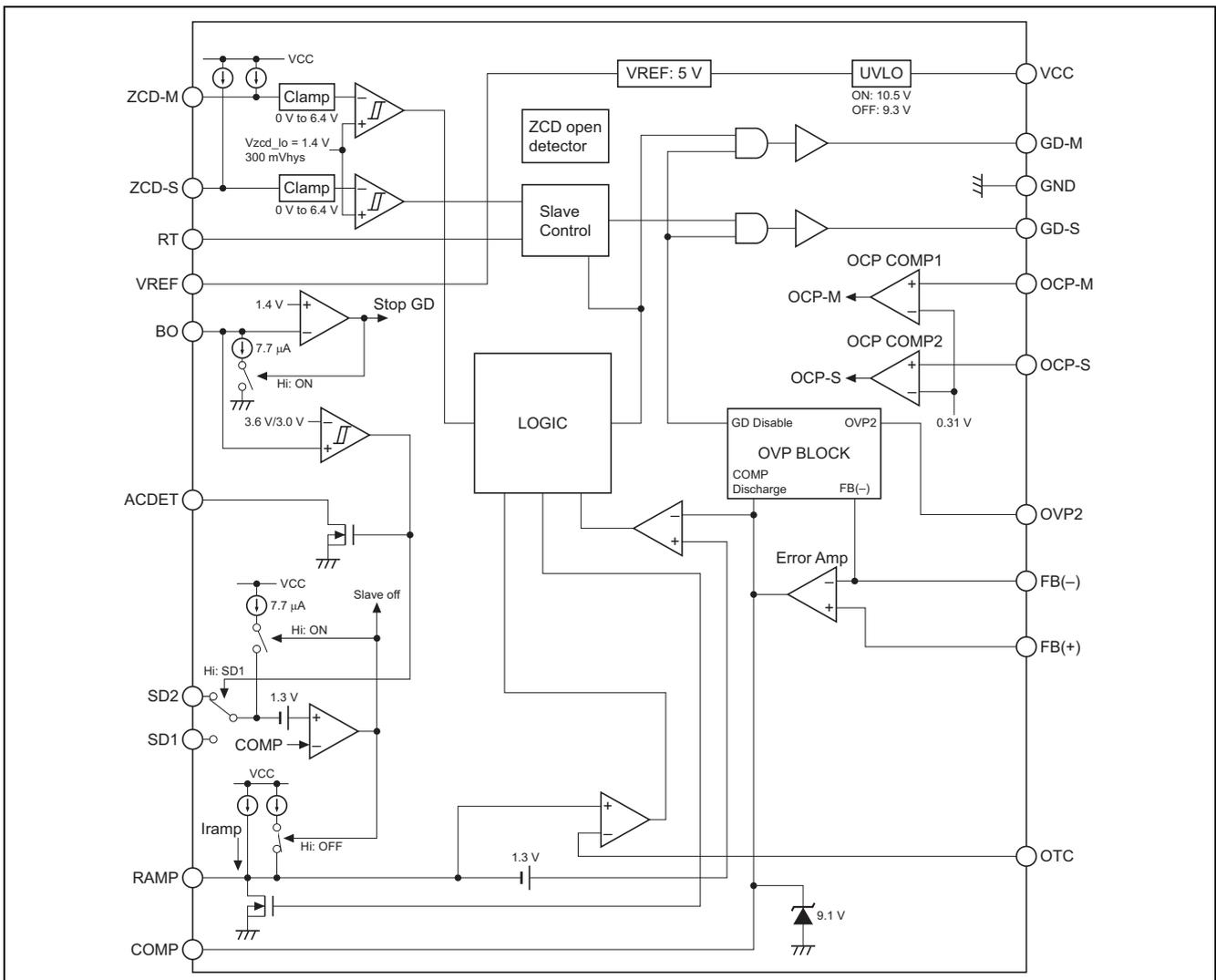
R2A20132 は、電圧モード CRM 方式を採用しており、ブーストインダクタ電流がゼロになったことを検出しパワー-MOSFET を ON し、また、ramp 波形の傾きとエラーアンプの出力電圧を比較することにより、ON 時間が一定となるようにパワー-MOSFET を制御しています。パワー-MOSFET の ON 時間が一定なので、ブーストインダクタのピーク電流は、入力電圧波形に追従します。

電圧モード CRM の PFC コントローラは、入力電圧のセンスラインが必要ありません。これにより、電力損失を改善できます。

マスタブーストコンバータは、上記の電圧モード CRM によって制御され、スレーブブーストコンバータは、内部スレーブ制御ロジックとブーストインダクタのゼロ電流検出によって制御されます。

インターリーブ動作は、入力電流リップルを大幅に低減でき、その結果、入力フィルタの大きさを小型化できるなど、部品点数およびコストの低減が可能です。

2. ブロックダイアグラム



3. 内蔵ブロックの説明

3.1 ゼロ電流検出

3.1.1 ゼロ電流検出

ゼロ電流検出 (ZCD) は、ブーストインダクタのゼロ電流を検出します。ゼロ電流を検出した時にパワー MOSFET を ON させます。ZCD の信号はブーストインダクタの二次巻き線から電流制限抵抗 R_{ZCD} を介して ZCD 端子に入力します。ZCD 端子は、 R_{ZCD} と内部クランプ回路によってクランプされます。クランプ電圧は、Hi 側 6.4V、Lo 側 0V で、ソース/シンク電流の最大定格は 10mA です。また、10 μ A のバイアス電流を ZCD 端子に流しています。これによって、AC 入力電圧が高く二次巻き線の電圧振幅が下がってきた場合にも、Hi 側閾値 1.7V を超え易くすることで、安定したゼロ電流検出を行います。

さらに、二次巻き線オープン時には、このバイアス電流によって、ZCD 端子電圧は 6.4V に固定されます。IC の VCC が印加されていない状態でも二次巻き線に電圧があると ZCD 端子に電流が流れます。この場合でも最大定格 (10mA_{max}) を超えないようにしてください。

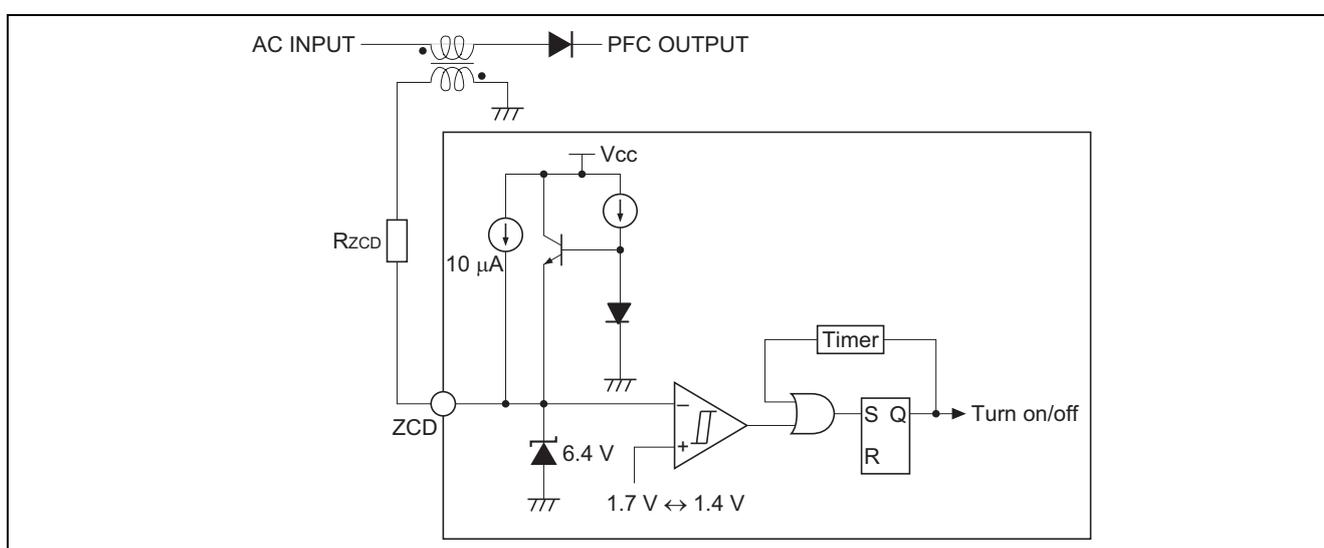


図 1

3.1.2 スレーブゼロ電流検出オープン検出機能

スレーブ側のゼロ電流検出回路のオープンや GND ショートによりゼロ電流検出信号が伝播されない場合は、マスタのみで電力を供給することによる異常発熱等を引き起こさないように、マスタおよびスレーブのスイッチングを停止します。この場合、ラッチモードによりスイッチングが停止し、VCC 電圧を UVL 閾値以下に下げることによりリセットされます。ラッチモードでスイッチングが停止するまでの時間は、スレーブのリスタート信号を 1024 カウントする時間で、スイッチング周波数が 10kHz の場合は 100ms になります。

マスタ側のゼロ電流検出回路の GND ショートによりゼロ電流検出信号が伝播されない場合、マスタ側のスイッチングはリスタートモードで動作します。リスタートモードではパワー MOSFET の ON 時間の最大値は 1 μ s に制限されており、また、この際、スレーブ側は動作を停止するため、マスタ、スレーブ側とも異常発熱を回避できます。

マスタ側のゼロ電流検出回路がオープンの場合は、非ラッチモードでマスタ、スレーブともにスイッチングを停止します。

スイッチングが停止する条件: マスタはスイッチタイプ、スレーブはラッチタイプ

- ZCD-M 端子がオープン (10 μ A ソース電流で ZCD-M は Hi になる)
- ZCD-S 端子がオープン (10 μ A ソース電流で ZCD-S は Hi になる) または GND ショート

マスタもリスタートで動作している場合、およびマスタの ON 時間が 1.5 μ s 以下の場合、本機能は働きません。

3.2 エラーアンプ

エラーアンプは、トランスコンダクタンスアンプです。出力電流は、内部基準電圧 FB(-) と FB 端子 FB(+) の電圧差によって変化します。エラーアンプの出力端子である COMP 端子の電圧は 9.1V_{typ} で内蔵クランプ回路によってクランプされます。

本 IC には、COMP 端子を急速に充電する機能を内蔵しており、この機能により、一旦、FB(-) が FB(+) × 0.92 を超え、その後、FB(+) × 0.92 より下がった場合、COMP ピンの電圧は急速に上昇します。負荷が変動した場合、出力電圧の低下を防止することができます。

VCC が印加されない状態で AC 入力が入ると、PFC 出力電圧から VCC 端子に向けてブリーダ抵抗、および FB(-) ピンと VCC ピンの間に接続された内蔵 ESD 保護ダイオードを介して電流が流れます。この電流はブリーダ抵抗値によって変更できますので、300μADC 以下になるようにしてください。この電流のおおよその計算は、(PFC 出力電圧)/(PFC 出力と FB(-) ピン間の抵抗値) で決まります。

なお、FB(+) 電圧 = 2.5V (抵抗分割により VREF 電圧の 1/2 に設定) に設定されることをお奨めします。

3.3 保護回路

本 IC には、ダイナミック過電圧保護回路、2 種類の過電圧保護回路 (OVP1, 2)、過電流保護回路、およびフィードバックオープンループ検出保護回路が内蔵されています。

3.3.1 ダイナミック過電圧保護回路 (D-OVP)

FB(-) ピンの電圧が $1.05 \times V_{FB(+)}$ (厳密には、 $(1.05 - 1)(V_{ref} - V_{FB(+)} + V_{FB(+)})$) に到達すると、D-OVP の制御により COMP ピンが放電されます ($V_{FB(+)} = 2.5V(\text{typ.})$)。これにより、パワー MOSFET の ON 時間が徐々に減少するため、インダクタ電流が急激に遮断されることにより発生する音鳴きを抑制することができます。

3.3.2 過電圧保護回路 1 (OVP1)

FB(-) ピンの電圧が $1.09 \times V_{FB(+)}$ (厳密には、 $1.09 - 1)(V_{ref} - V_{FB(+)} + V_{FB(+)})$ に到達すると、OVP1 の制御により出力が停止します ($V_{FB(+)} = 2.5V(\text{typ.})$)。パワー MOSFET が速やかに OFF し、FB(-) 電圧が $1.09 \times V_{FB(+)} - 100mV$ (厳密には、 $(1.09 - 1)(V_{ref} - V_{FB(+)} + V_{FB(+)} - 100mV)$) に到達するまで出力は停止します。

3.3.3 過電圧保護回路 2 (OVP2)

FB(-) の電圧が 2.685V (typ.) に到達すると、OVP2 の制御により出力が停止します。パワー MOSFET は速やかに OFF され、FB(-) の電圧が 2.585V (typ.) に到達するまで出力は停止します。

3.3.4 フィードバックオープンループ検出保護回路

本制御回路は、FB(-) の電圧が 0.5V 以下の期間、COMP ピンを放電し、したがって、出力は停止します。

なお、検出閾値には 0.2V のヒステリシスがあります (下図参照)。

3.3.5 過電流保護回路 (OCP)

本回路は、外付けの電流検出抵抗によりパワー MOSFET のドレイン電流を検出しています。OCP-M または OCP-S ピンの電圧が 0.31V に到達すると出力を停止します。

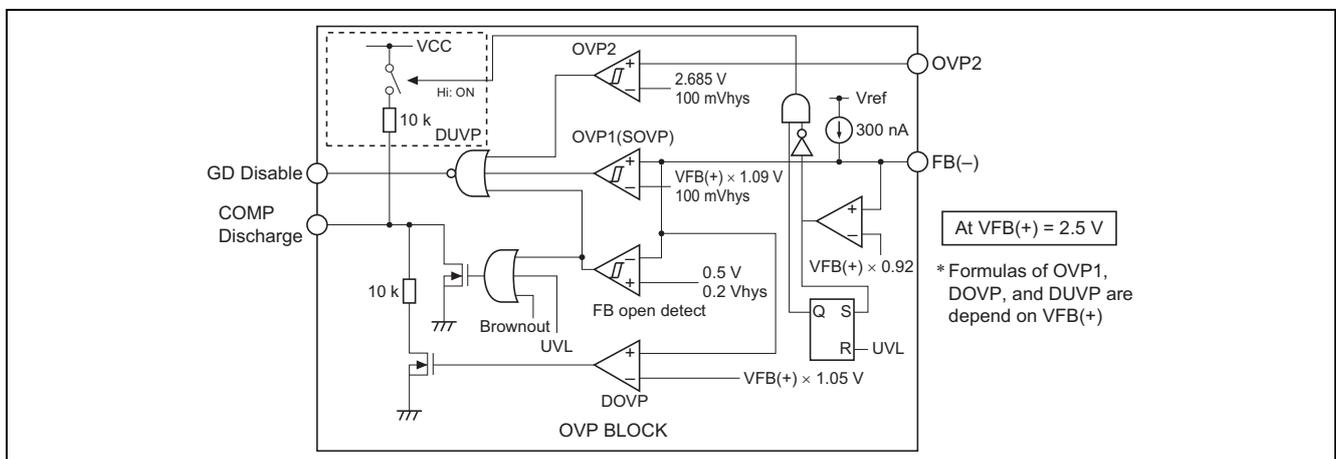


図 2

3.4 RAMP 生成回路

RAMP スロープは、外付け容量と抵抗で決まります。抵抗は RT 端子と GND 間、容量は RAMP 端子と GND 間に接続されます。RT 端子の抵抗は、内部発振器の発振周波数も決定するので、基本的には 22kΩ 固定です。この場合、RAMP 端子のソース電流は 165μA_{typ} です。

ON 時間は、エラーアンプの出力電圧が 9.1V_{typ} の時に最大値 ton_{max} になります。RAMP 端子の容量が 680pF の場合、最大 ON 時間 ton_{max} は 32μs です。 $(680p \times (9.1V - 1.3V) = 165\mu A \times ton_{max})$

RAMP 回路は、ZCD 検出回路がインダクタのゼロ電流を検出し、さらに RAMP 端子が 0.2V 以下の場合に、RAMP 端子容量にチャージを開始します。

RAMP スロープがエラーアンプの出力電圧 COMP に達すると RAMP 端子容量をディスチャージします。

また、エラーアンプの出力電圧が 1.3V 以下の場合、ON 時間はゼロになります。これは、1.3V のレベルシフトが内部にあるためです。

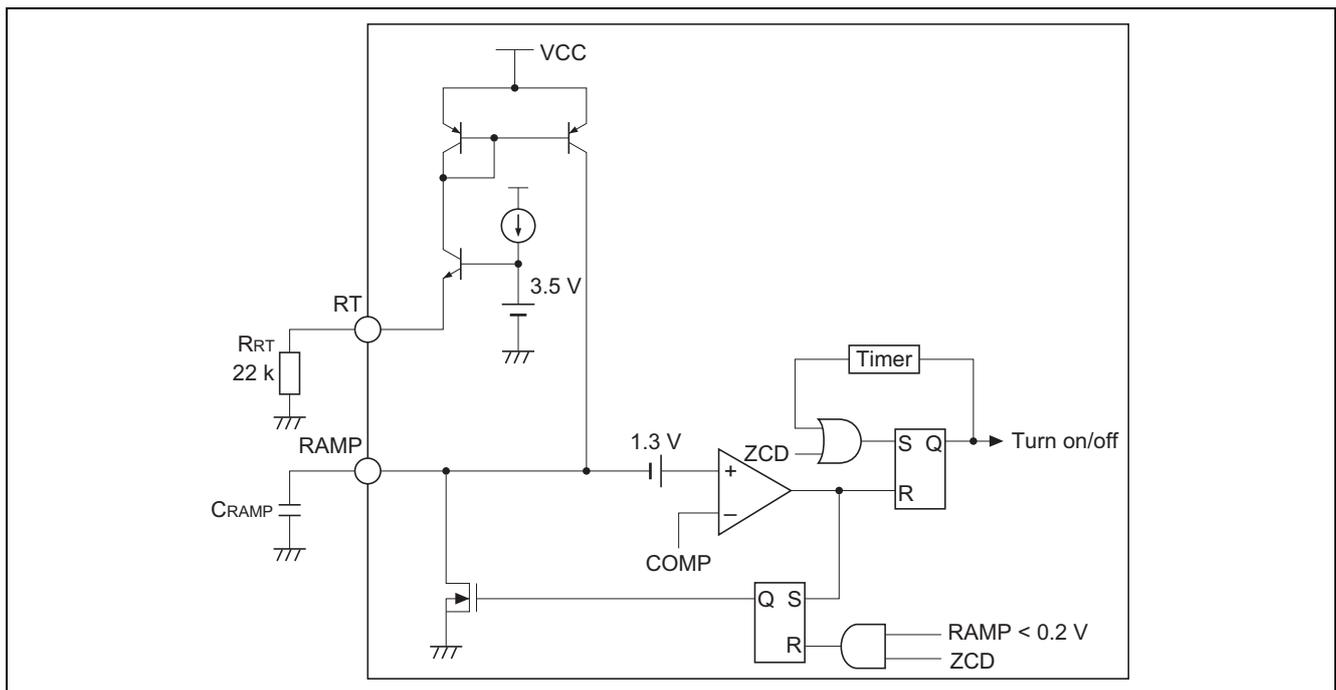


図 3

3.5 出力段

R2A20132 にはマスタとスレーブ用に 2 つのトートポール出力回路を内蔵しています。ドライブ能力は、ソース電流が 300mA_{peak}、シンク電流が 1.2A_{peak} です。

基本的には、外付けのドライブ回路が不要ですが、 Q_g が大きな MOSFET を駆動したり、IC と MOSFET 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、使用する MOSFET 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。

ゼロ電流スイッチングのため、Turn-on より Turn-off のスピードが損失に大きく影響します。

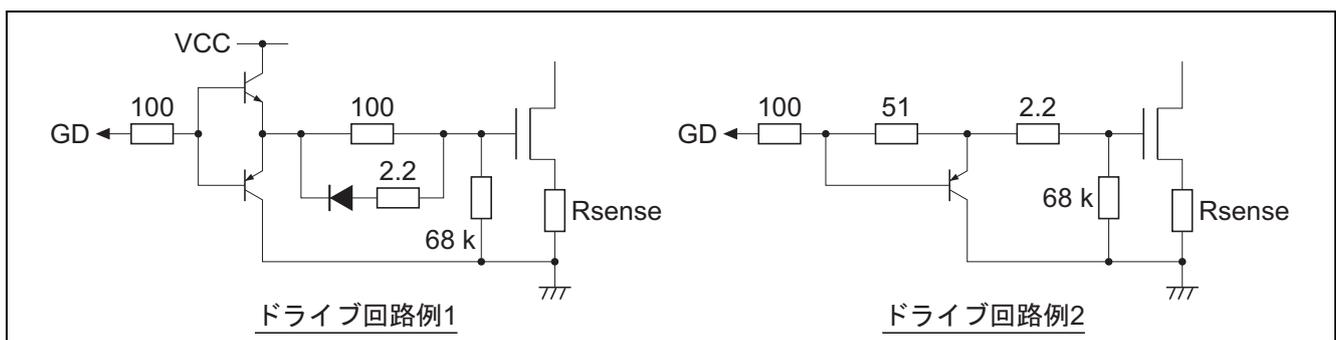


図 4

3.6 ブラウンアウト (BO) とスレーブドロップ (SD)

BO (ブラウンアウト) 端子の電圧が 1.4V 以下になると、パワー-MOSFET のゲートを駆動するスイッチング動作が停止します。ブラウンアウトの動作点はブリーダ抵抗の分割比により変更することができます。また、ヒステリシス特性はこのブリーダ抵抗の抵抗値と $7.7\mu\text{A}$ の定電流源により調整することができます。さらに、スレーブドロップ機能 (SD) の閾値電圧も BO 端子に印加する電圧により変更することができます。スレーブドロップ機能は低負荷時の効率を向上するために使用します。SD 機能の動作点は SD ピンの電圧により調整することができます。SD 機能の動作点は Hi ライン、および Lo ラインの 2 種類を独立に設定することができます。すなわち、

BO ピンの電圧が 3.6V 以上の場合、SD2 ピンが SD 機能の動作点 (閾値) として選択されます。

BO ピンの電圧が 3.0V 以下の場合、SD1 ピンが SD 機能の動作点 (閾値) として選択されます。

COMP ピンの電圧が SD ピンの電圧より低くなると、スレーブ側のゲート駆動が停止します。この際、マスタチャネルのみで動作を継続するためにパワー-MOSFET の ON 時間を倍にする必要があるため、RAMP ピンのチャージ電流が $164\mu\text{A}$ から $82\mu\text{A}$ に変わります。なお、SD 機能のヒステリシスは SD1/2 に接続された抵抗値および $7.7\mu\text{A}$ の定電流源により設定することができます。

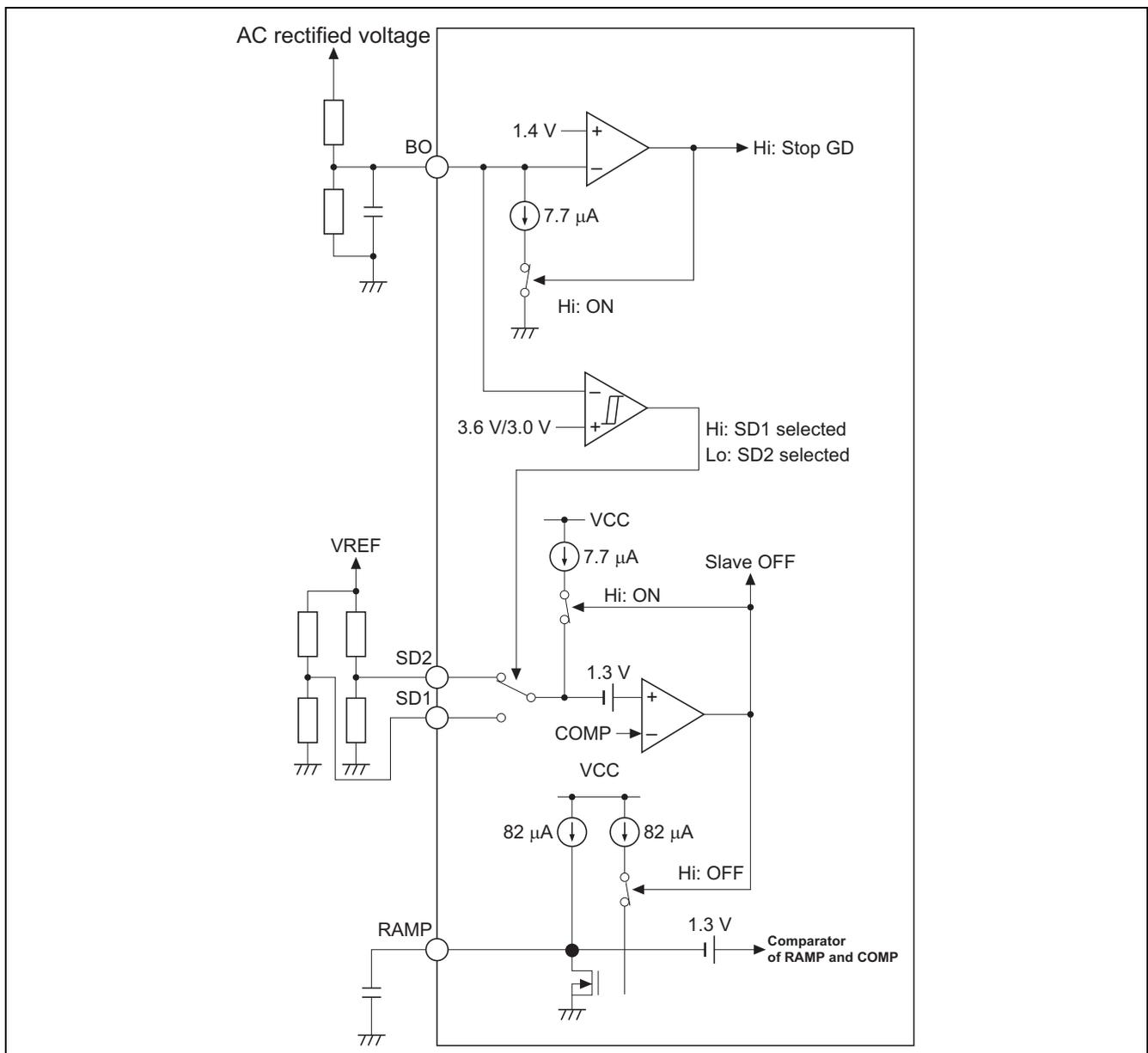


図 5

3.7 その他の効率改善機能

R2A20132 は LTB (Load Tracing Boost)、FB (Follow Boost)、DB (Dual Boost) などさまざまな応用分野に適した形で効率を改善するための機能をシステム上に実現するためのインタフェース機能が内蔵されています。これらの機能は ACDET、VB(+)ピンと外付け回路により実現されます。

【注】 上記により、ルネサス エレクトロニクスが LTB、FB、DB などの特許技術の使用を許諾するものではありません。これらの機能を製品に適用されるお客様は、事前にこれらの技術のライセンス/実施権を取得する必要があります。

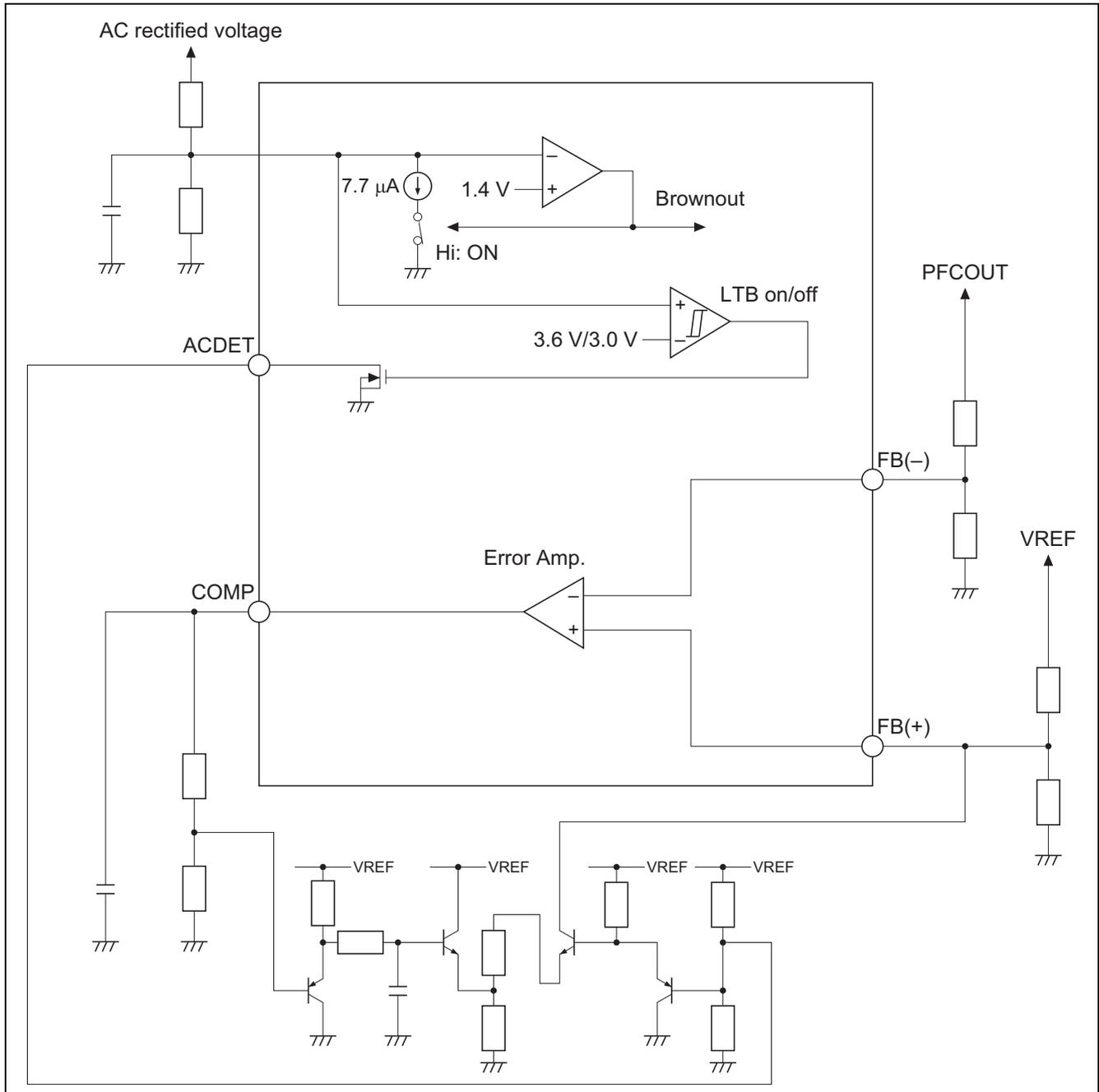
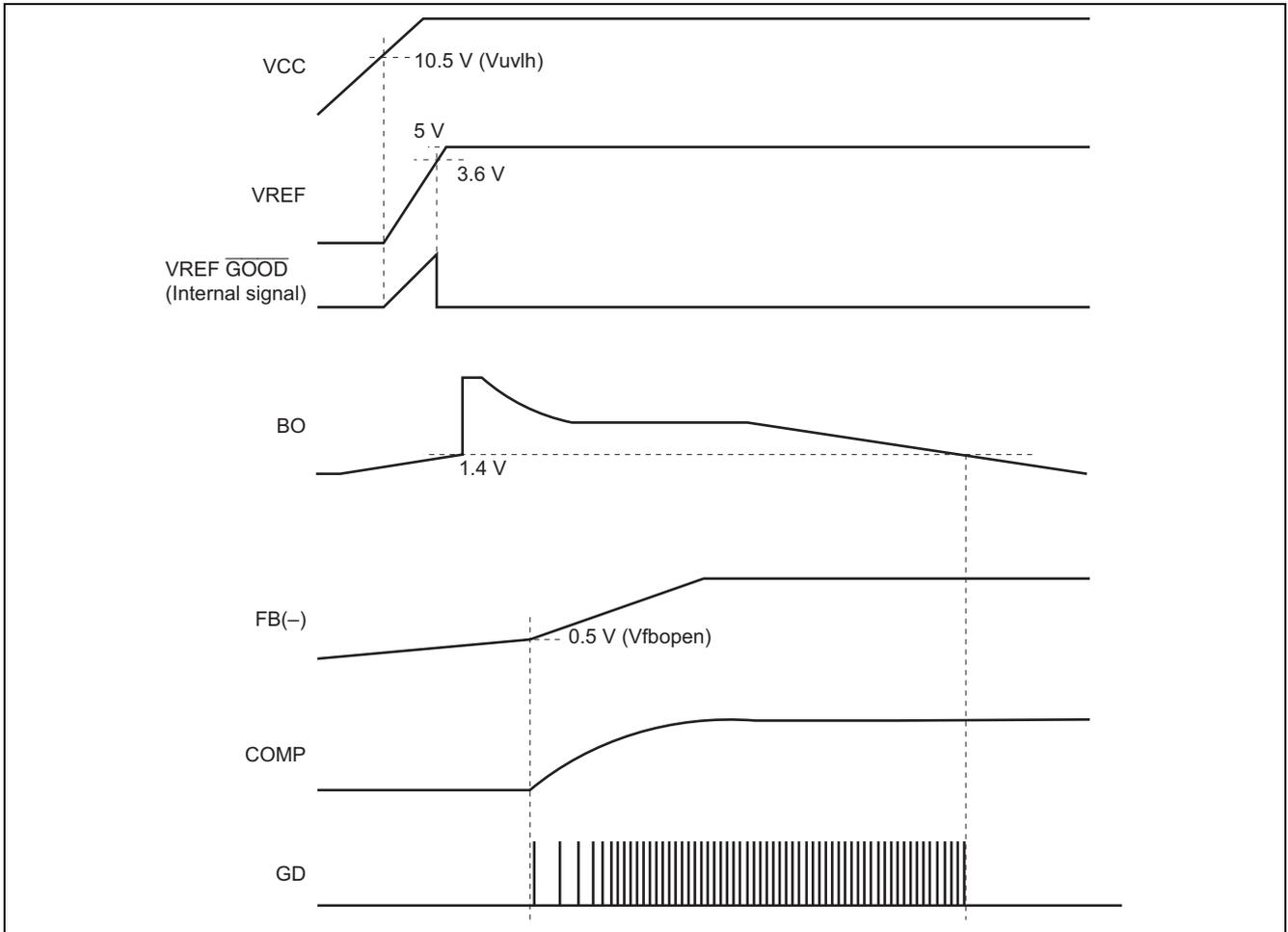


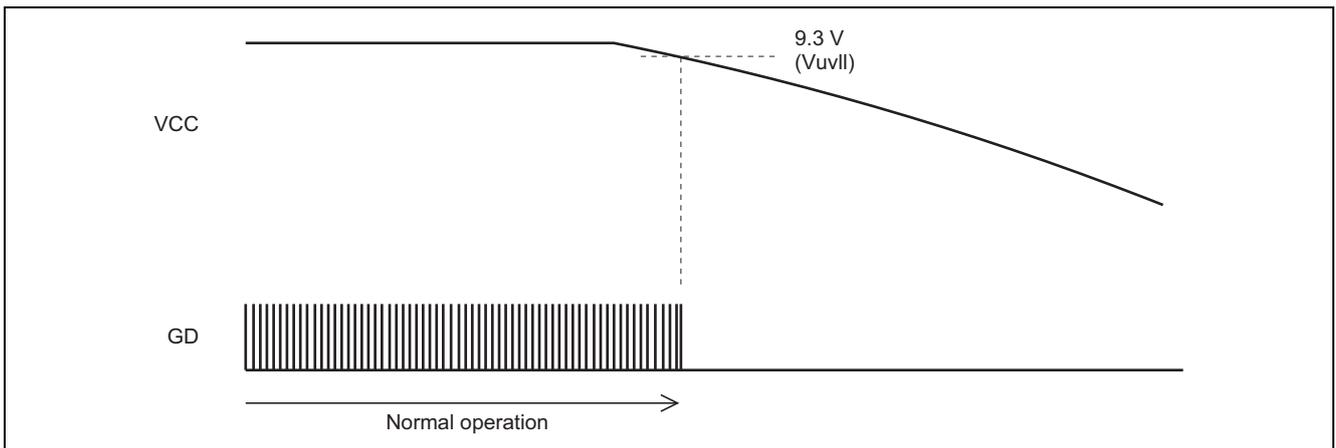
図 6

3.8 タイミングチャート

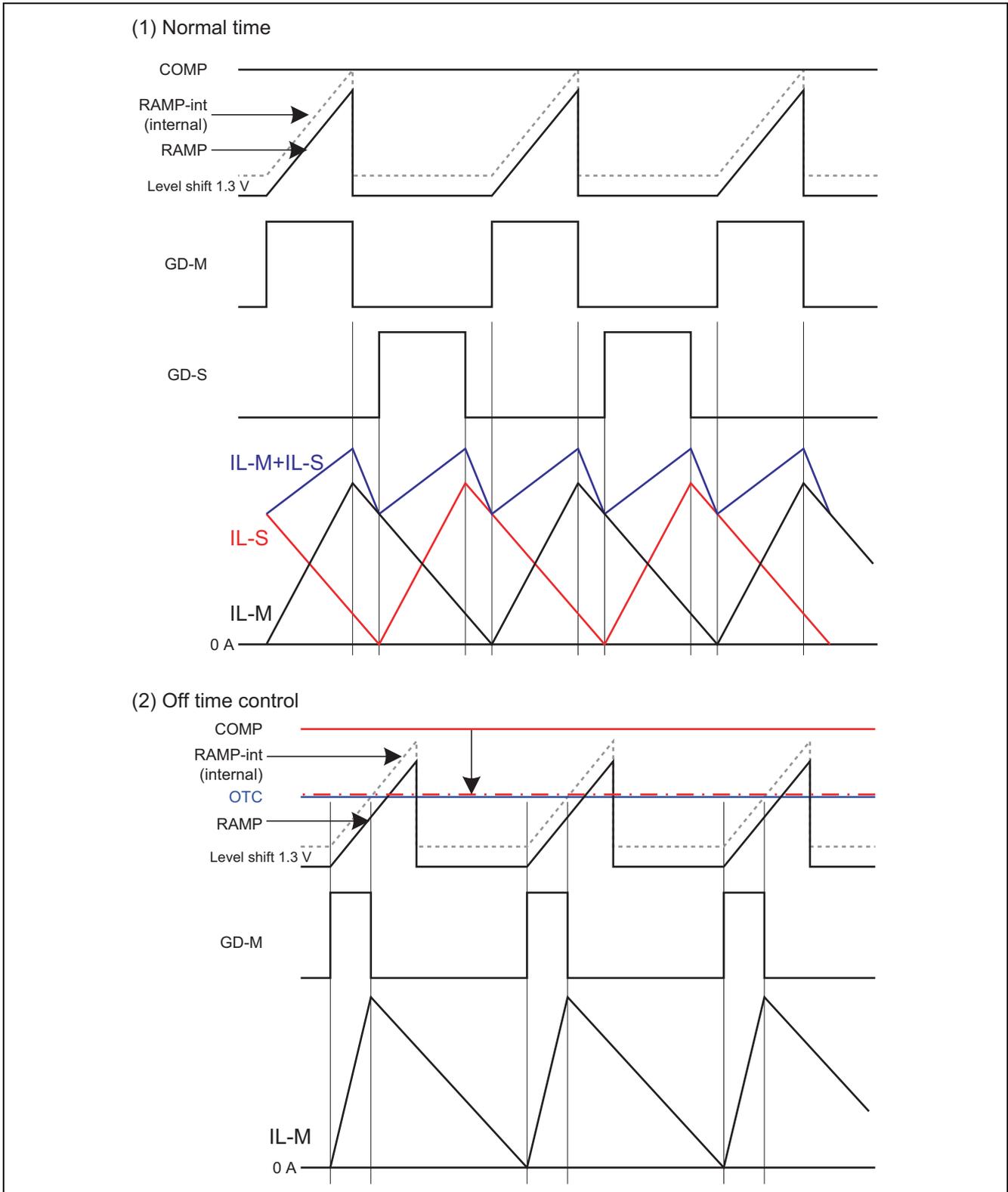
3.8.1 Start-up



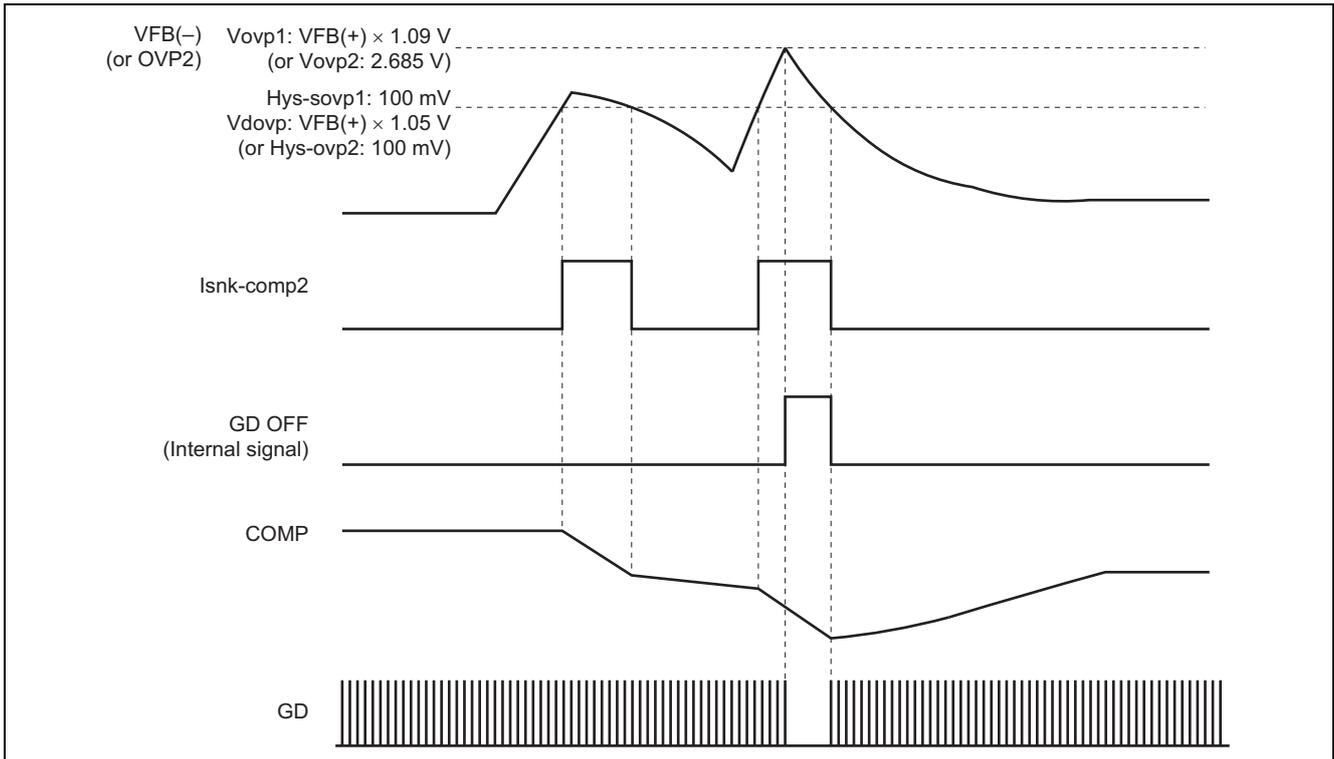
3.8.2 Shut-down



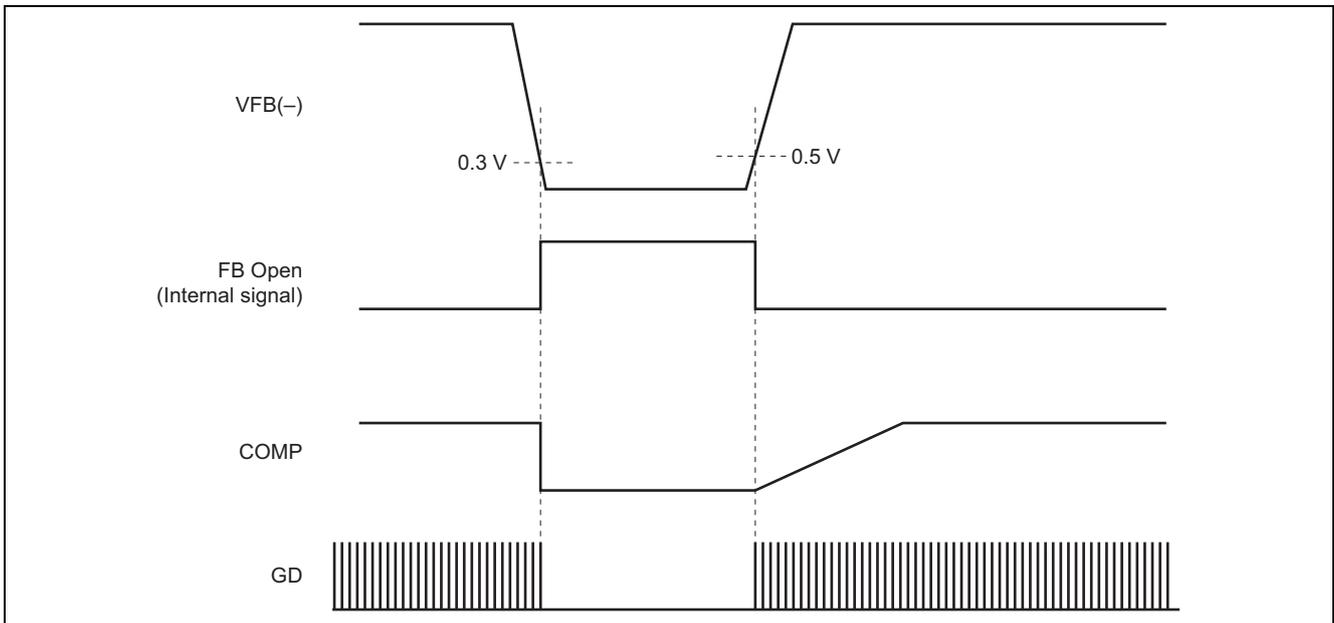
3.8.3 Critical Conduction Mode



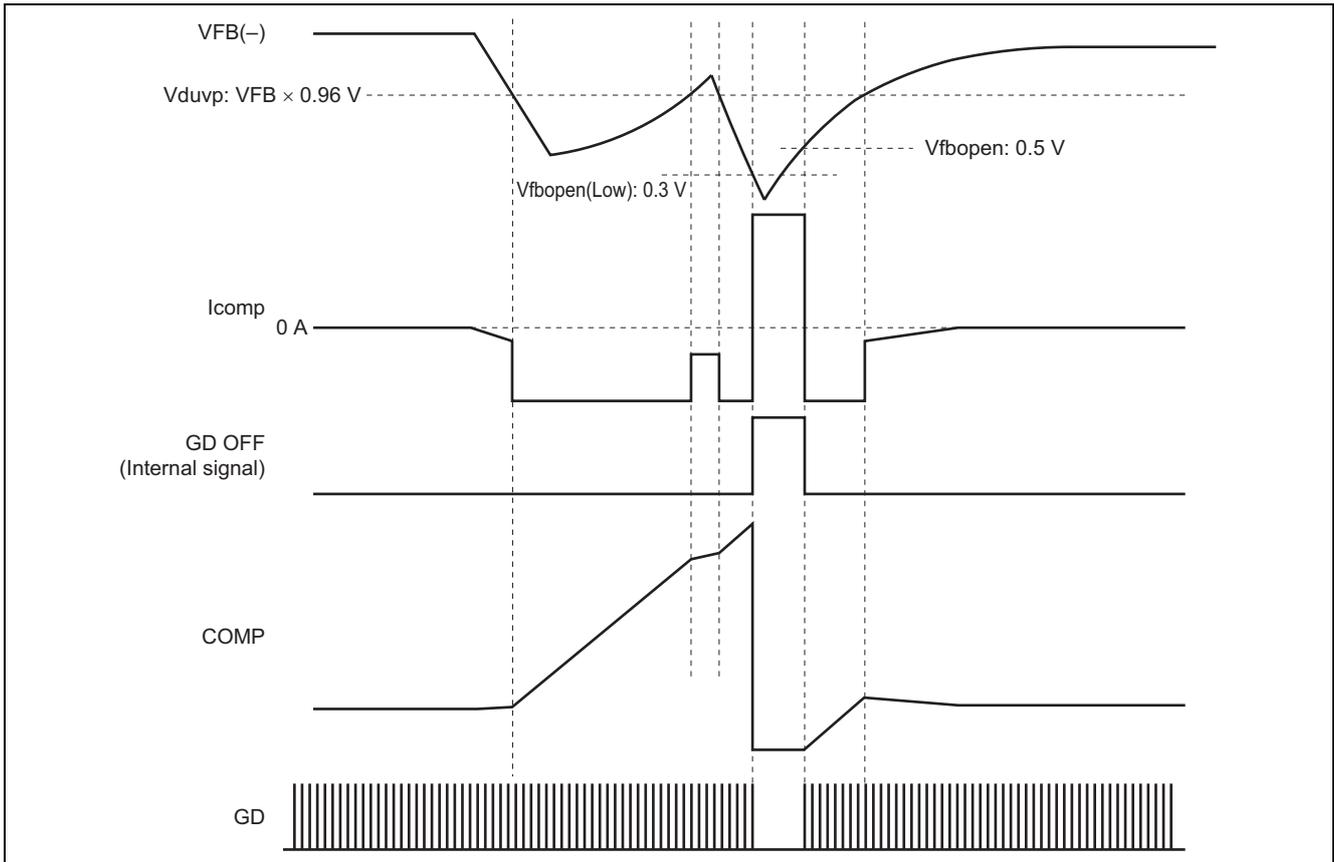
3.8.4 Overvoltage Protection (OVP)



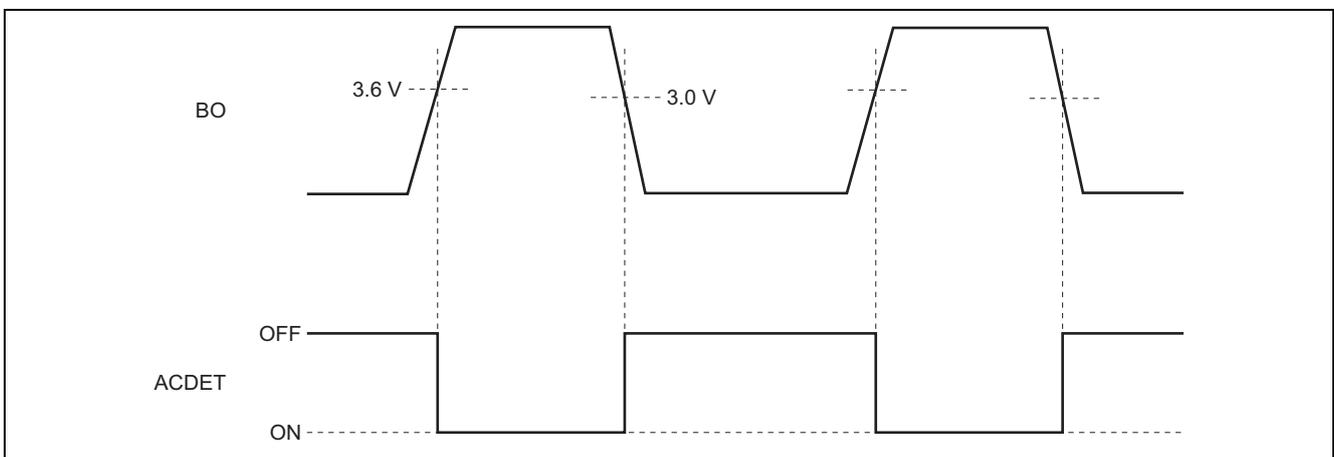
3.8.5 FB Open Detection



3.8.6 Undervoltage Protection (UVP)



3.8.7 ACDET (外付け抵抗挿入時)



4. 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。

4.1 ブーストインダクタ

ブーストインダクタのインダクタンスは、最低スイッチング周波数と出力電力によって決まります。最低スイッチング周波数は、インダクタや入力容量に起因する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。上記インダクタンスは、(1)式によって求められます。なお、変換効率 η は、0.9 程度をご使用ください。

$$L[H] = \frac{V_{ACLow}^2 \times \eta}{f_{SWLow} \times V_o \times I_{omax} \times \left[1 + \frac{\sqrt{2} \times V_{ACLow}}{V_o - \sqrt{2} \times V_{ACLow}} \right]} \quad \dots (1)$$

V_o [V]: PFC output voltage

V_{ACLow} [V]: Effective value of minimum input voltage

I_{omax} [A]: Maximum output current

f_{SWLow} [Hz]: Minimum frequency

4.2 出力容量

任意のホールドアップ時間に対して、容量値は下記の条件(2)を満足する必要があります。

$$C_o[F] \geq \frac{2 \times P_o \times thold}{V_o^2 - V_{omin}^2} \quad \dots (2)$$

thold [s]: Hold-up time

V_{omin} [V]: Minimum output voltage

4.3 RAMP 端子容量

COMP 端子電圧は、最低入力電圧で最大出力電流時に最大になります。最大 ON 時間 $tonmax$ は、式(3)によって求められます。なお、変換効率 η は 0.9 程度をご使用ください。

$$tonmax[s] = \frac{L \times V_o \times I_{omax}}{V_{ACLow}^2 \times \eta} \quad \dots (3)$$

したがって、RAMP 端子容量 C_{RAMP} は、次式によって求められます。

$$\begin{aligned} C_{RAMP}[F] &= \frac{I_{RAMP} \times tonmax}{V_{compmax} - 1.3} = \frac{I_{RAMP} \times L \times V_o \times I_{omax}}{(V_{compmax} - 1.3) \times V_{ACLow}^2 \times \eta} \\ &= \frac{165 \mu A \times L \times V_o \times I_{omax}}{(V_{compmax} - 1.3) \times V_{ACLow}^2 \times \eta} \quad \dots (4) \end{aligned}$$

最大 COMP 端子電圧の最小値 8V、すわち、 $V_{compmax} = 8V$ を使用して、 C_{RAMP} を決定してください。

4.4 パワー-MOSFET、ブーストダイオード

パワー-MOSFET、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。なお、変換効率 η は、0.9 程度をご使用ください。

$$I_{Lpk}[A] = \frac{\sqrt{2} \times P_o}{\eta \times V_{ACLow}} \quad \dots (5)$$

4.5 ZCD 二次巻き線

二次巻き線電圧は入力電圧が最大の時に最小になります。二次巻き線数は(6)式によって求められます。なお、二次巻き線電圧は ZCD 閾値電圧、1.5V より高く設定する必要があります。

$$N_{aux} = \frac{1.5 \text{ V} \times N_p}{V_o - \sqrt{2} V_{ACmax}} \quad \dots (6)$$

AC 入力電圧が高い時のリスタート動作とインダクタの音鳴きに関して

AC 入力電圧が出力電圧を超えると、AC 入力から PFC 出力に向かって直接流れる電流が発生します。この場合、ZCD 二次巻き線でゼロ電流を検出しないので、リスタートモードで動作します。また、入力電圧が高い場合には、インダクタ両端に掛かる電圧も少なくなるため、二次巻き線の巻き数が不十分な場合も、ZCD 端子の閾値を越えられずにリスタートで動作します。

リスタートモードで動作する入力電圧値は、PFC 出力電圧のリプル電圧やリプル電圧と入力電圧との位相差にも依存します。したがって、出力電圧設定を高くする、出力容量を大きくしてリプル電圧を小さくする、巻き線比を上げることなどによってリスタートで動作し始める入力電圧を上げることができます。また、リスタート動作が続いた場合は、リスタート周期 140 μ s (7.1kHz) でインダクタなどが音鳴きする場合があります。

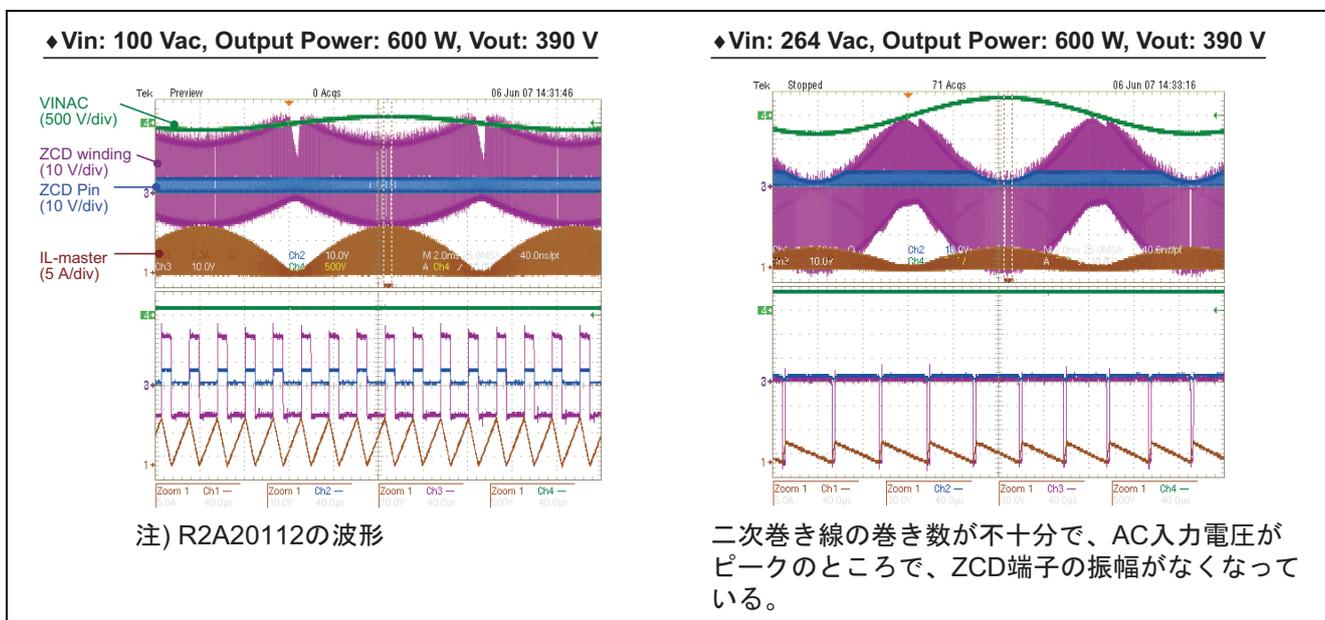


図 7

4.6 ZCD 端子入力抵抗 R_{ZCD}

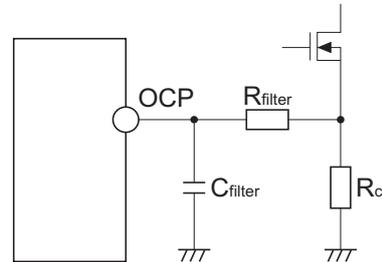
R_{ZCD} は、(7)式によって求められます。なお、ZCD 端子電流の最大定格は 10mA です、それ以下になるように設定します。

$$R_{ZCD} = \left[\frac{V_o \times N_{aux}}{N_p} - 6.4 \text{ V} \right] / 3 \text{ mA} \quad \dots (7)$$

4.7 過電流検出抵抗 R_{cs}

R_{cs} は、(8)式によって求められます。 R_{cs} は通常、非常に小さな値 (例えば、200mΩ程度) となりますので、配線インピーダンスの影響に注意してください。また、スイッチングノイズを除去するために、1MHz 前後のフィルタを挿入することをお奨めします。なお、変換効率 η は、0.9 程度を使用してください。

$$R_{cs}[\Omega] = 0.31 V \times \frac{\eta \times V_{ACLow}}{\sqrt{2} \times P_o} \dots (8)$$



過電流検出時のインダクタ音鳴きに関して

過電流検出の設定値が、 ton_{max} で決まる最大ピーク電流値よりも低い設定の場合、過電流検出が働いた時にパワーMOSFET をオフさせますが、RAMP 端子は RAMP 電圧が COMP 電圧に到達するまでディスチャージされませんので電流不連続動作になります。電流不連続の状態でパワーMOSFET がオンする条件は、RAMP 端子のディスチャージ後に ZCD 端子が Lo になっていることです。

電流不連続動作中は、ZCD 端子が Hi/Lo を繰り返す共振動作をしていますので、ZCD 端子が Lo の時に RAMP 端子がディスチャージされるとパワーMOSFET はただちにオフされますが、ZCD 端子が Hi のときに RAMP 端子がディスチャージされるとパワーMOSFET は条件を満たすまでオフしません。

したがって、共振動作時に、ZCD 端子と RAMP 端子の信号変化のタイミングによっては、毎周期ごとにパワーMOSFET がオフする間隔が変化します。この変化が可聴域の周波数になるとインダクタが音鳴きする場合があります。

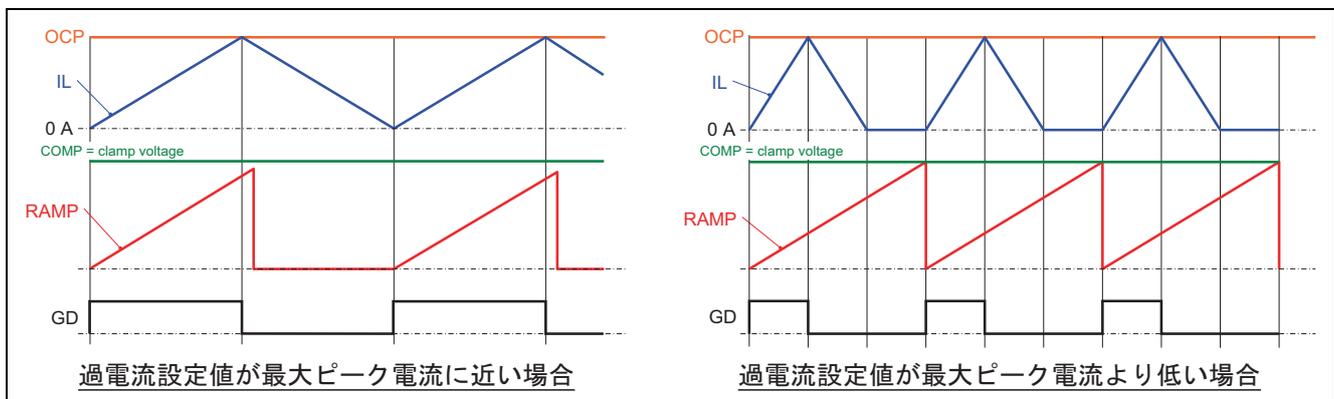


図 8

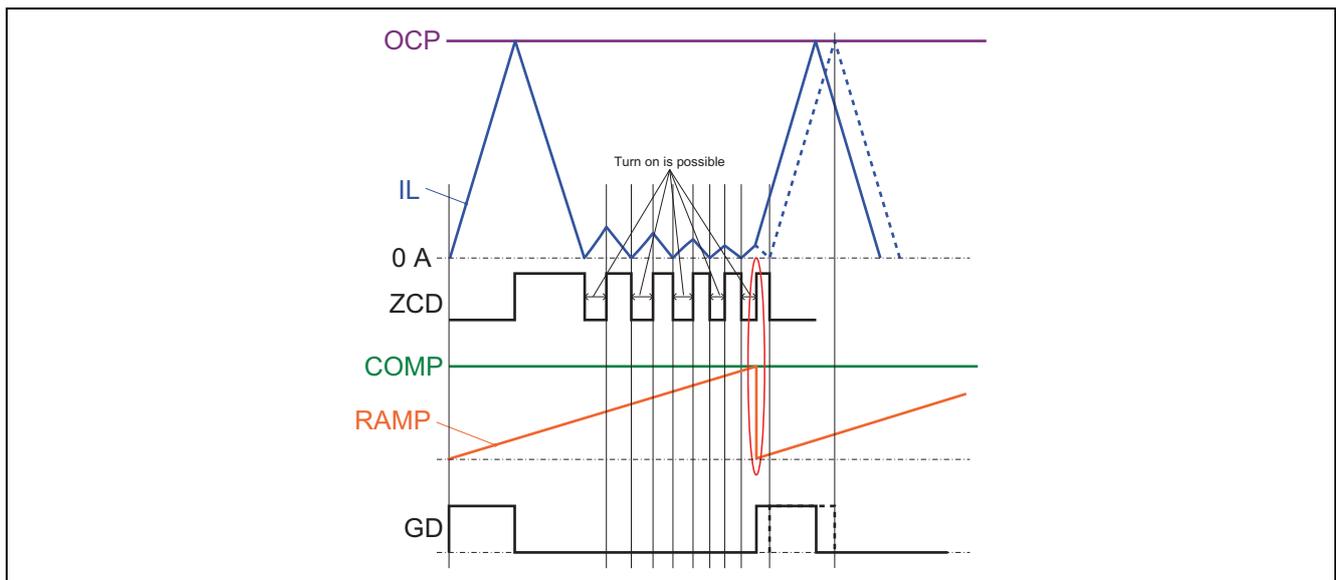


図 9 音鳴きの要因

4.8 エラーアンプ (gm アンプ) の周波数特性

エラー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、(9)式によって求められます。ここで、 G_{m-v} はエラーアンプのトランスコンダクタンス、 R_{vo} はエラーアンプ自身の出力抵抗です。

各定数を変えた場合のゲインの変化の概略を図 10 に示します。gm アンプの周波数特性は図 11 のようになり、図に示した式でゲイン、ポール周波数、ゼロ周波数は概算されます。

$$G_v = G_{m-v} \cdot \frac{1}{\frac{1}{R_{vo}} + \frac{1}{R_{eo1}} + j\omega C_{eo1}} + \frac{1}{R_{eo2} + \frac{1}{j\omega C_{eo2}}} \quad \dots (9)$$

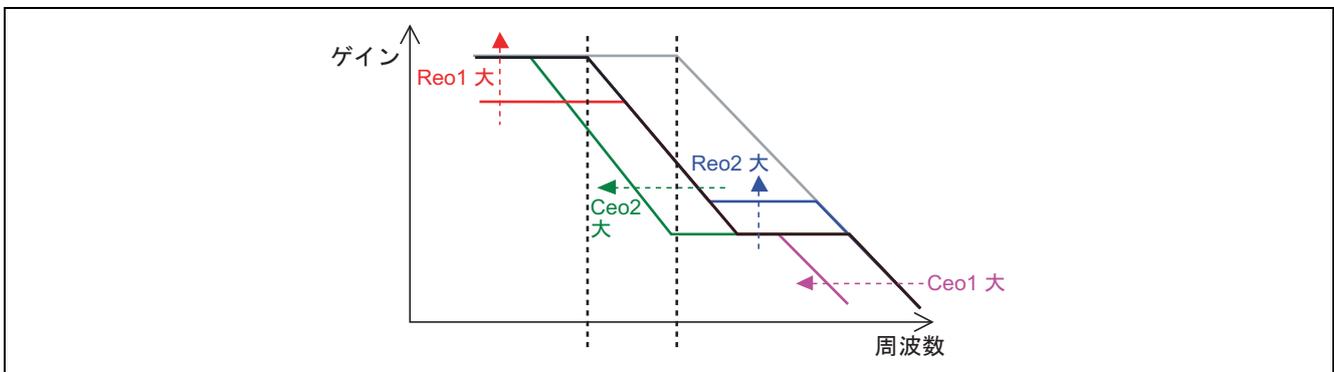
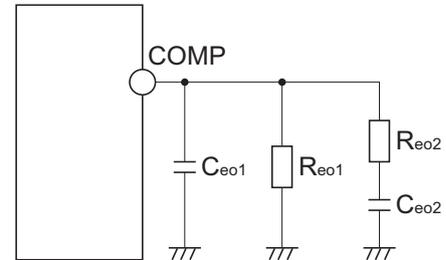


図 10 ゲイン周波数特性の概略

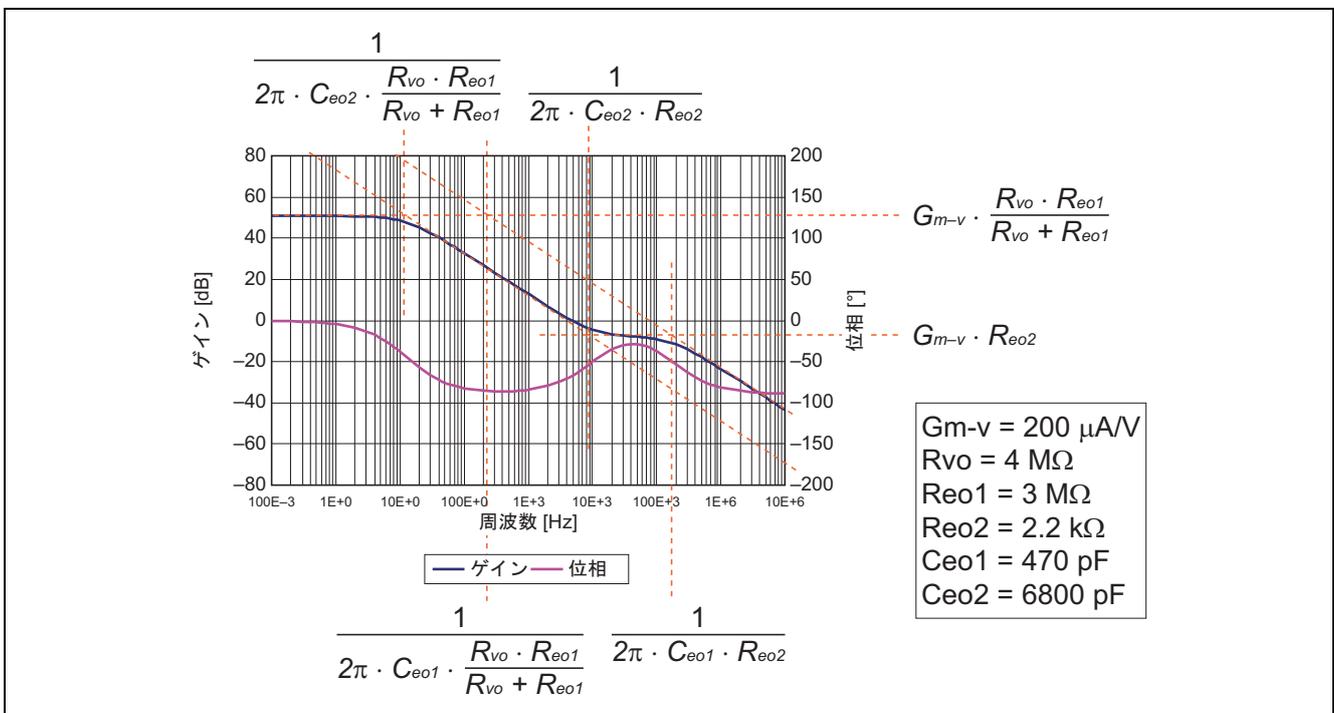


図 11 エラーアンプの周波数特性

電源セットでの位相余裕等を算出するには、別途用意された Excel 版定数計算シートを用いてご確認ください。

4.9 LTB (Load Tracing Boost) の設定

LTB を構成する回路の定数 (LTB 回路定数) は負荷と COMP 電圧 (V_{COMP}) との関係に基づいて決定します。LTB 開始点は、おおむねトランジスタ Q4 のエミッタ電圧 ($V_{Q4.E}$)、 $Reo1-1$ 、および $Reo1-2$ により決定されます。ここで、 $Re1-1 + Re1-2 = Re1$ の関係があります (前頁参照)。なお、 $R_{B1} = R_{B2}$ (LTB を考慮しない場合、FB(+))端子の電圧($V_{FB(+)}$)を 2.5V 設定することに相当)、および $V_{Q4.E}$ を 1.3V 程度に設定することを推奨します。

LTB 開始点は負荷が半分になった時点での分岐点として決定すればよいと思われます。ただし、COMP 電圧は Cramp、昇圧コイル、および入力電圧レベルにより変化しますので注意が必要です。

また、残りの LTB 回路定数も LTB 終点や電圧下降量に基づいて調整することができます。

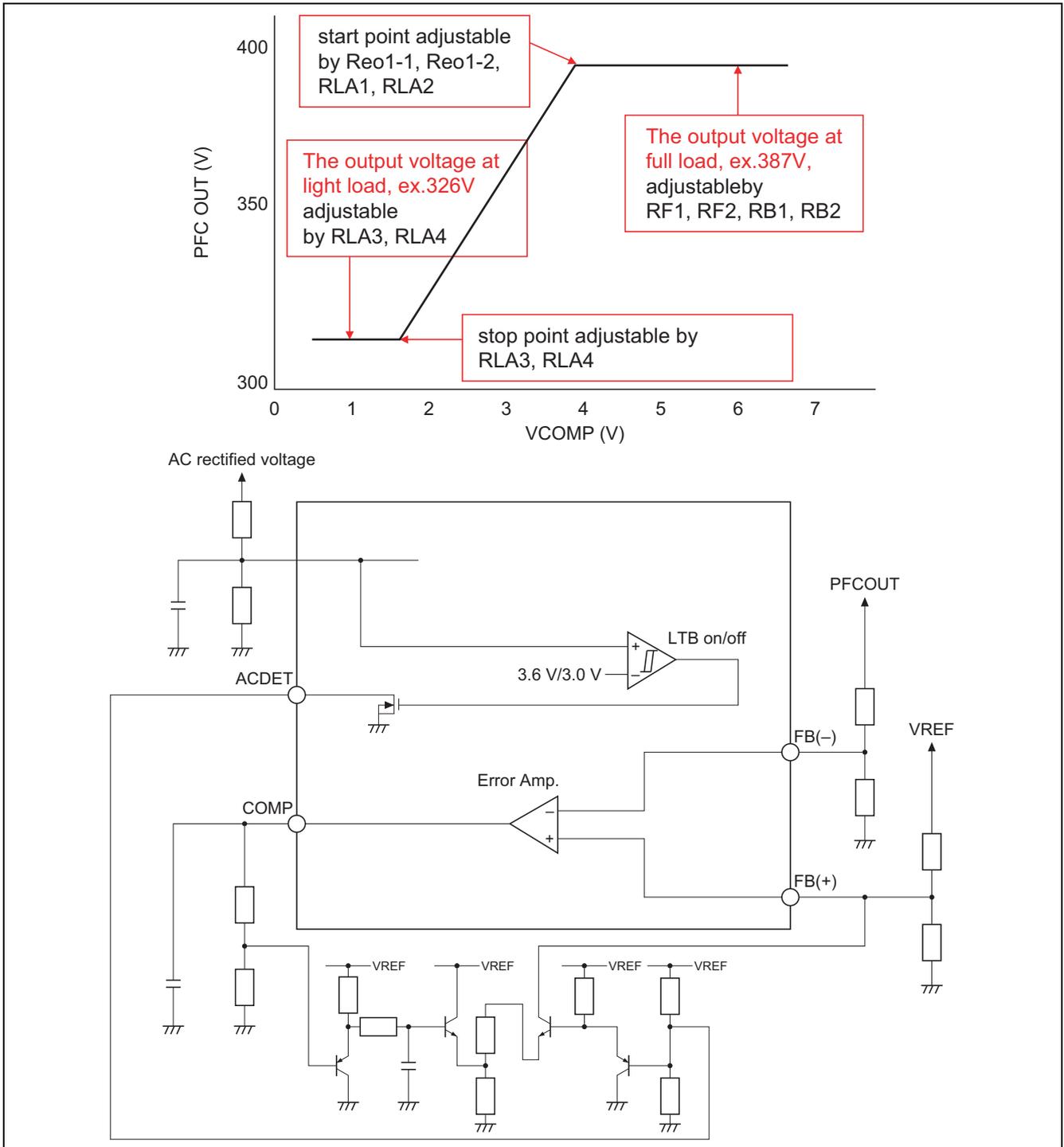


図 12

高負荷時の出力電圧は下式で決定されます。

$$V_{out(heavy_load)} = \frac{RB2(RF1 + RF2)}{(RB1 + RB2)RF2} \cdot V_{REF}$$

ここで、 R_{F1} は $3M\Omega$ 以下に設定する必要があります。また、 $R_{B1} = R_{B2}$ 、すなわち、 $V_{FB(+)} = 2.5V$ とすることを推奨します。さらに、 $V_{Q4.E}$ は LTB 機能の線形性を保持するため、おおむね $1.3V$ とすることをお奨めします。加えて、 $200V$ 系入力時停止が可能ないように、 $R_{LA1} > 20k\Omega$ を満たすようにしてください。これらにより、 R_{LA1} 、 R_{LA2} の関係は下式のようにになります。

$$V_{Q3.E} = \frac{RLA2}{RLA1 + RLA2} \cdot V_{REF} \cong V_{FB(+)} - 1.2V \cong 1.3V$$

LTB を構成するために、抵抗 $Re1$ を $Re1-1$ と $Re1-2$ に分割します ($Re1-1 + Re1-2 = Re1$)。これにより、LTB 開始点における COMP 電圧 $V_{comp(Start)}$ は下式のように表されます。 $V_{comp(Start)}$ はアプリケーションにより決定しますが、通常は $V_{compmax}$ のおおむね半分と考えられます ($4.3 RAMP$ 端子容量を参照)。これらにより、 $Re1-1$ 、 $Re1-2$ が得られます。

$$\begin{aligned} V_{comp(Start)} &= \frac{Reo1-1 + Reo1-2}{Reo1-2} \cdot V_{Q2.E} = \frac{Reo1-1 + Reo1-2}{Reo1-2} \cdot V_{Q4.E} \cong \frac{Reo1-1 + Reo1-2}{Reo1-2} \cdot V_{Q3.B} \\ &= \frac{Reo1-1 + Reo1-2}{Reo1-2} \cdot \frac{RLA2}{RLA1 + RLA2} \cdot V_{REF} \end{aligned}$$

同様に、終点における COMP 電圧 $V_{comp(Stop)}$ をおおむね $V_{compmax}$ の 20% とし、下式を用いることで、 R_{LA3} 、および R_{LA4} の比が得られます。

$$V_{comp(Stop)} \cong \frac{Reo1-1 + Reo1-2}{Reo1-2} \cdot \frac{RLA4}{RLA3 + RLA4} \cdot V_{Q4.E} \cong \frac{RLA4}{RLA3 + RLA4} V_{comp(Start)}$$

R_{LA3} 、 R_{LA4} の値を計算するためには、軽負荷時の出力電圧 $V_{out(Light_load)}$ が必要になります。この値もアプリケーションにより決定されます。下式により $R_{LA3} + R_{LA4}$ を求めることができますので、前述の結果と合わせて、最終的に R_{LA3} 、 R_{LA4} を求めることができます。

$$\begin{aligned} V_{out(Light_load)} &= \frac{RB2(RF1 + RF2)}{(RB1 + RB2)RF2} \cdot (V_{REF} - I_{Q4.C} \cdot RB1) \\ I_{Q4.C} &= \frac{V_{Q4.E}}{RLA3 + RLA4} \end{aligned}$$

$Re1$ と $Re2$ の値はトランジスタ $Q1$ 、 $Q3$ のベース電流に影響しないように決定する必要があります。すなわち、下記の条件を満たす必要があります：

$$I_{REO1} \ll I_{re1}/hFE \text{ for } Q1 \text{ and } I_{RLA2} \ll I_{re2}/hFE \text{ for } Q3$$

LTB の応答周波数は帰還ループのカットオフ周波数比べて十分に遅くする必要があります。カットオフ周波数としては $1Hz$ が理想的です。この周波数は抵抗値 $RLPF$ 、および容量値 $CLPF$ によって調整することができます。

4.10 スレーブドロップ (SD) の設定

SD の動作を規定する回路定数は負荷と COMP 電圧との関係により設定します。SD の動作点は外付けの分割抵抗により調整することができます。また、Hi ライン、および Lo ラインの 2 種類の SD の動作点をその独立して設定することができます。

COMP 電圧には入力電圧の周波数 (例えば、50Hz) がリップル成分として含まれている可能性がありますので、このリップル電圧による誤動作を回避するために、ヒステリシスの電圧幅は十分に大きく設定する必要があります。

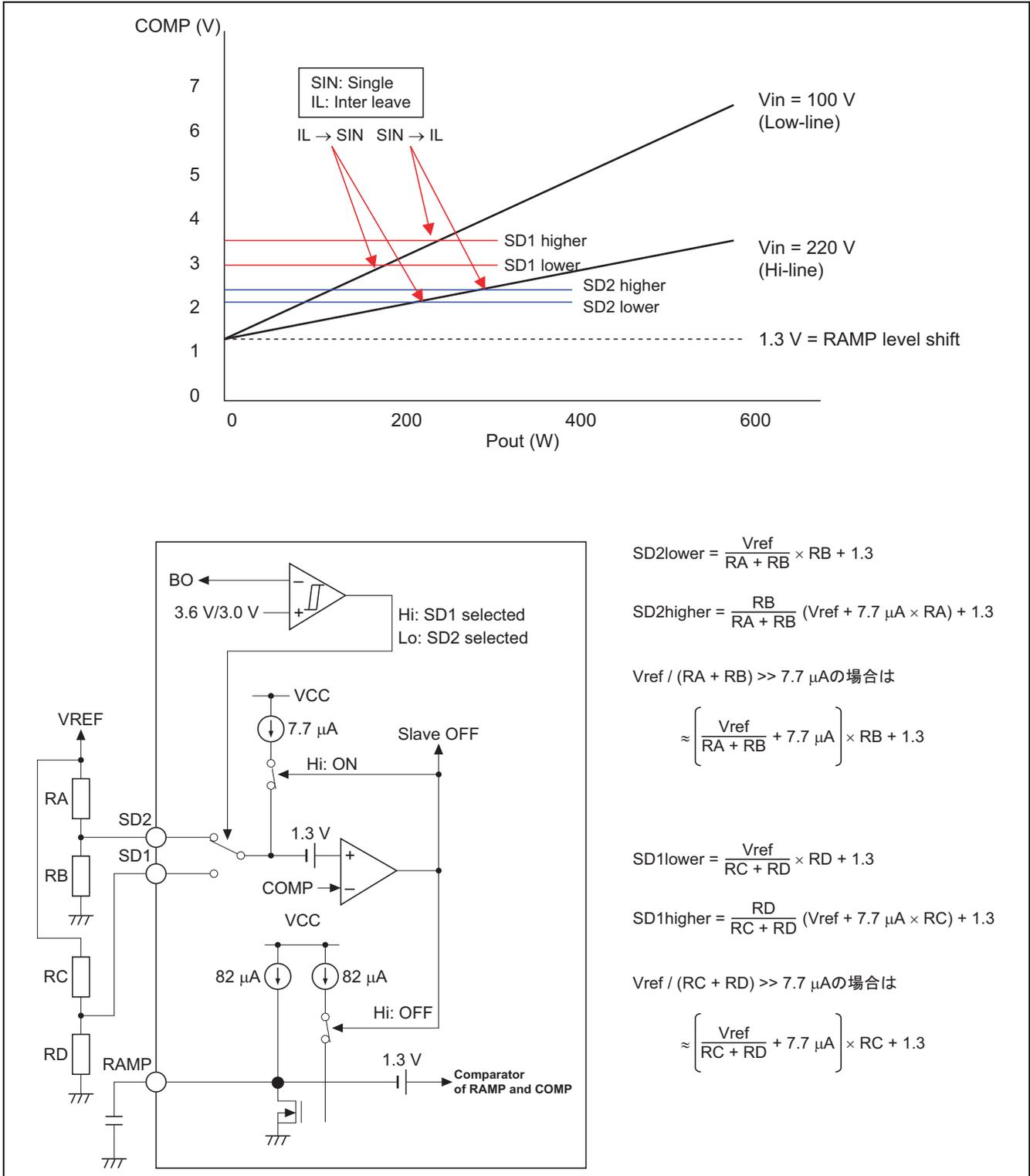


図 13

4.11 ブラウンアウト (BO)

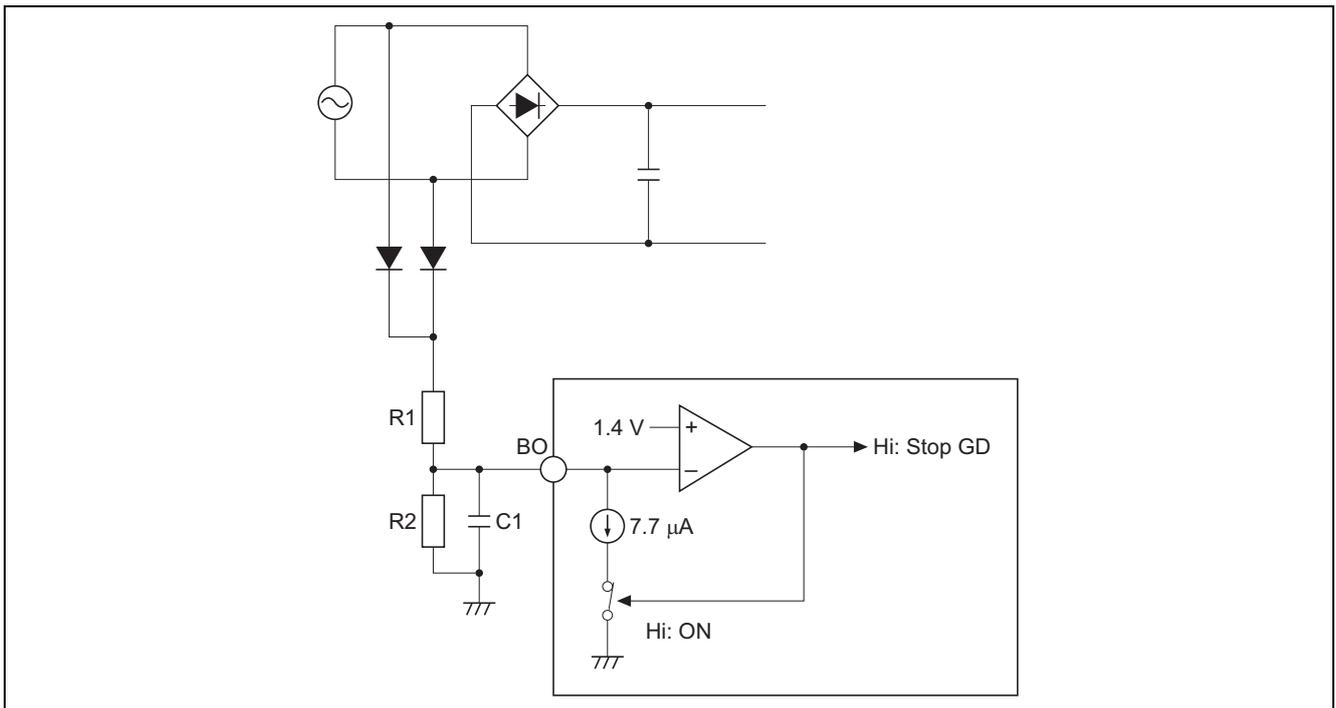


図 14

$$V_{on} = \left[\frac{R1 + R2}{R2} \times 1.4 \text{ V} \right] \times \frac{\pi}{2\sqrt{2}} + R1 \times 7.7 \mu\text{A}$$

$$V_{off} = \left[\frac{R1 + R2}{R2} \times 1.4 \text{ V} \right] \times \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

入力 AC 電圧を整流した電圧にはオフセットがあるので、BO ピン電圧の実測値 V_{bo} は上記の関係式とは異なります。オフセットは負荷など他の条件により変動しますので、実装する部品の値は実際の基板を用いた測定結果に応じて調整する必要があります。

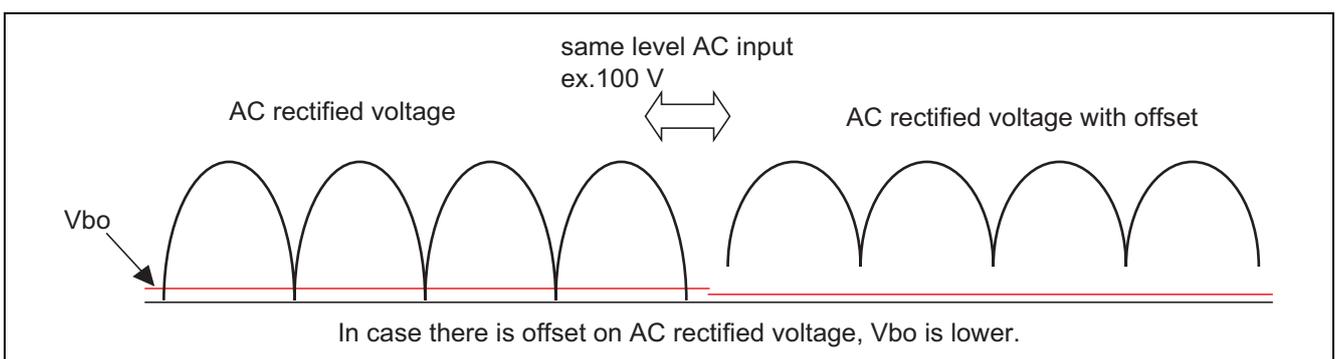


図 15

表 1 R2A20132 評価ボードで測定した実測値

R1 = 3MΩ, R2 = 68kΩ, C1 = 2.2μF	
V _{on}	78.5V
V _{off}	69.1V

4.12 OFF 時間の制御 (OTC)

COMP 電圧 V_{comp} が非常に低い場合、マスタ側ゲートパルス GD-M のパルス幅は狭くなります。すなわち、スイッチング周波数が高くなり、この結果、電力損失は大きくなります。このような状況を回避するために、OFF 時間の制御 (OTC) が効果的です。OTC はあたかも COMP 電圧の変動範囲が高めの電圧範囲に制限されているように動作します。その結果、ON 時間は一定で、OFF 時間は長めになるように制御されるため、スイッチング周波数は低いままに保たれます。

OTC の使用に関して、最初は V_{otc} を 0.3V に設定し、諸々の波形、効率、力率の測定結果に基づいて調整することをお奨めします。

4.13 PCB パターンレイアウト上の注意

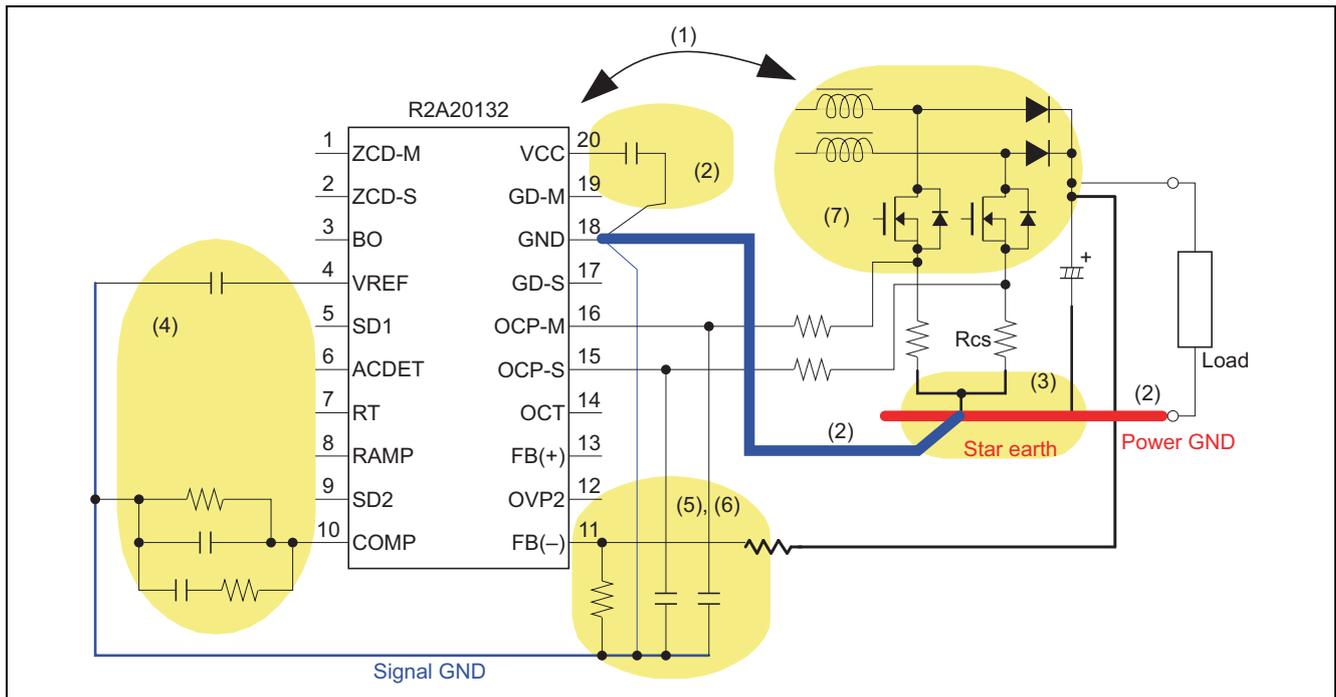


図 16

- (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-MOS のドレインの輻射に注意してください。
- (2) 出力容量の GND (Power GND) と IC 周辺部品の GND (Signal GND) パターンは確実に分離してください。IC 周辺部品の GND は IC の GND 端子に接続し、Power GND に電流検出抵抗の元で一点で接続してください。なお、Power GND と Signal GND は可能な限り広いパターンとしてください。
- (3) 電流検出抵抗 R_{cs} の GND 側パターンはマスタ、スレーブとも可能な限り短くしてください。
- (4) COMP、および VREF ピンに接続される外部部品は可能な限り IC ピンの直近に配置してください。
- (5) OCP-M、OCP-S ラインのフィルタ、ZCD 端子の抵抗および 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。
- (6) FB(-)端子に接続する抵抗は輻射ノイズを回避するために、可能な限り IC の直近に配置してください。
- (7) 高圧スイッチング部品 (MOSFET、ダイオード、昇圧コイル) のパターンは可能な限り短くしてください。

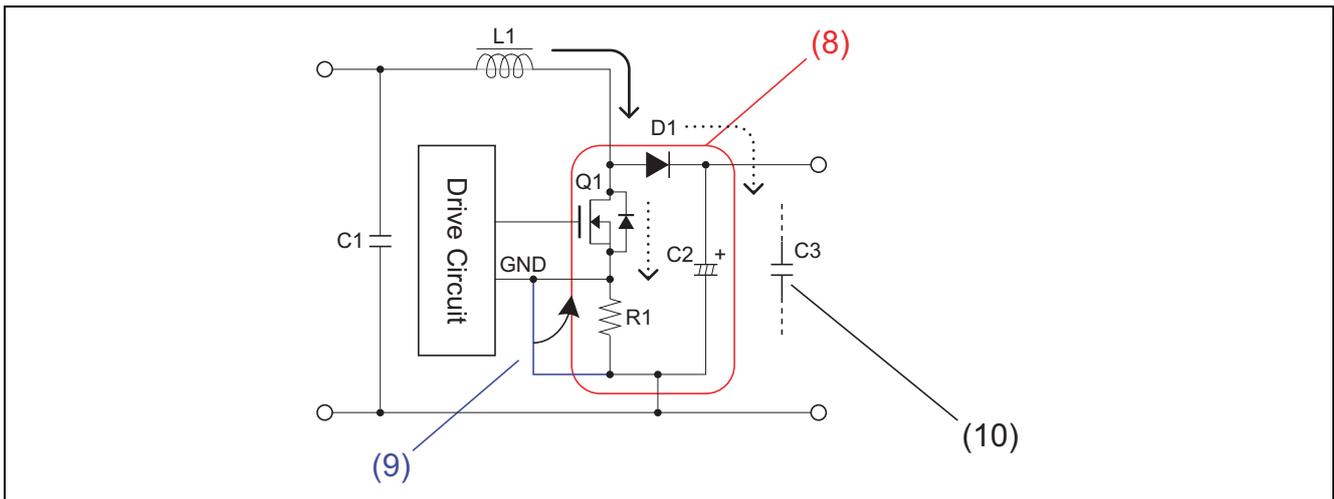


図 17

- (8) パワーMOSFETのドレインパターンには不連続電流が流れるので、太く短くすることでオーバシュートを低減できます。
- (9) ドライブ回路のリターンGNDはMOSFET(Q1)のソースに接続することで、MOSFETのターンオフ特性を改善できます。効率向上とサージ・ノイズを考慮したうえで決定してください。
- (10) 出力電圧に含まれる、スイッチング動作に起因するリップルが大きい場合、フィルムコンデンサ(C3)をダイオード(D1)に近接して実装してください。フィルムコンデンサは高周波特性の良いものをご使用ください。

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/inquiry>

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	2011.01.25	—	初版発行
1.01	2014.06.04	11, 21	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/>