

# 臨界モード(CRM)型 力率改善用制御 IC SSC2005S

## 概要

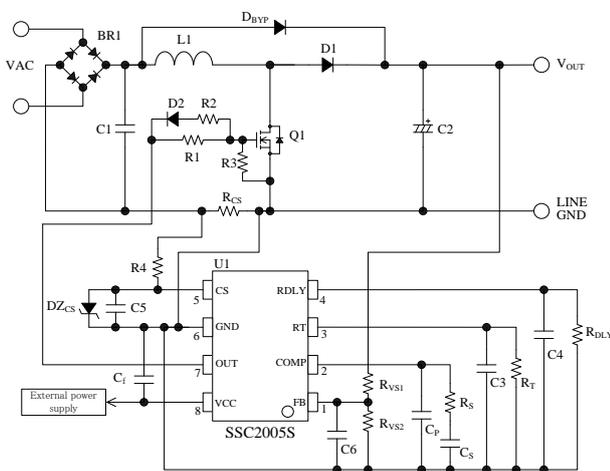
SSC2005S は臨界モード型(Critical Conduction Mode: CRM)の力率改善コンバータ用コントロール IC です。

入力電圧検出レス方式、およびインダクタ電流検出用の補助巻線レス方式を採用しています。これにより、構成部品が少なく、低スタンバイ電力で高効率な PFC コンバータを容易に構成できます。

## 特長

- 補助巻線レス構成 (インダクタ電流検出方式の採用)
- 低待機時消費電力 (入力電圧検出レス方式の採用)
- 最小オフ時間制限機能 (周波数の上昇を抑制)
- 高精度過電流検出;  $-0.60\text{ V} \pm 5\%$
- 保護機能
  - 過電流保護(OCP) -----パルス・バイ・パルス
  - 出力過電圧保護(OVP) -----自動復帰
  - FB 端子低入力電圧保護(FB\_UVP) -----自動復帰
  - ヒステリシス付き過熱保護(TSD)-----自動復帰

## 応用回路例

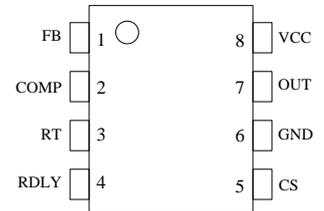


## パッケージ

SOIC8



Not to scale



## 代表特性

- VCC 端子絶対最大定格  $V_{CC} = 28\text{ V}$
- OUT 端子ソース電流  $I_{OUT(SRC)} = -500\text{ mA}$
- OUT 端子シンク電流  $I_{OUT(SNK)} = 1000\text{ mA}$

## アプリケーション

出力電力 200 W クラスまでの各種電子機器

- AC/DC 電源
- デジタル家電 (大画面 LCDTV、PDP TV など)
- OA 機器 (コンピューター、サーバー、モニターなど)
- 通信機器その他 SMPS

## 目次

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 概要                          | 1  |
| 1. 絶対最大定格                   | 3  |
| 2. 推奨動作条件                   | 3  |
| 3. 電気的特性                    | 4  |
| 4. ブロックダイアグラム               | 6  |
| 5. 各端子機能                    | 6  |
| 6. 応用回路例                    | 7  |
| 7. 外形寸法                     | 8  |
| 8. 捺印仕様                     | 8  |
| 9. 動作説明                     | 9  |
| 9.1 臨界モード(CRM)動作            | 9  |
| 9.2 起動動作                    | 10 |
| 9.3 リスタート回路                 | 10 |
| 9.4 最大オン時間の設定               | 10 |
| 9.5 ゼロ電流検出機能                | 11 |
| 9.6 最小オフ時間制限機能              | 11 |
| 9.7 過電圧保護機能(OVP)            | 12 |
| 9.8 FB 端子低入力電圧保護機能 (FB_UVP) | 12 |
| 9.9 過電流保護機能(OCP)            | 12 |
| 10. 設計上の注意点                 | 13 |
| 10.1 外付け部品                  | 13 |
| 10.2 パターン設計                 | 16 |
| 11. 電源回路例                   | 17 |
| 使用上の注意                      | 19 |
| 注意書き                        | 20 |

## 1. 絶対最大定格

- 電流値の極性は、IC を基準としてシンクが“+”、ソースが“-”と規定します
- 特記がない場合の条件  $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$

| 項目          | 記号             | 条件 | 端子  | 定格       | 単位               | 備考 |
|-------------|----------------|----|-----|----------|------------------|----|
| 制御部電源電圧     | $V_{CC}$       |    | 8-6 | 28       | V                |    |
| OUT 端子ソース電流 | $I_{OUT(SRC)}$ |    | 7-6 | -500     | mA               |    |
| OUT 端子シンク電流 | $I_{OUT(SNK)}$ |    | 7-6 | 1000     | mA               |    |
| FB 端子電圧     | $V_{FB}$       |    | 1-6 | -0.3~5   | V                |    |
| COMP 端子電流   | $I_{COMP}$     |    | 2-6 | -200~200 | $\mu\text{A}$    |    |
| RT 端子電流     | $I_{RT}$       |    | 3-6 | -500~0   | $\mu\text{A}$    |    |
| RDLY 端子電流   | $I_{RDLY}$     |    | 4-6 | -500~0   | $\mu\text{A}$    |    |
| CS 端子電圧     | $V_{CS}$       |    | 5-6 | -5~0.3   | V                |    |
| 許容損失        | $P_D$          |    | -   | 0.5      | W                |    |
| 動作周囲温度      | $T_{OP}$       |    | -   | -40~110  | $^\circ\text{C}$ |    |
| 保存温度        | $T_{stg}$      |    | -   | -40~150  | $^\circ\text{C}$ |    |
| ジャンクション温度   | $T_j$          |    | -   | 150      | $^\circ\text{C}$ |    |

## 2. 推奨動作条件

推奨動作条件とは、電気的特性に示す正常な回路機能を維持するために必要な動作条件を示すものです。実働動作においては、推奨動作条件内で使用する必要があります。

| 項目           | 記号                 | 端子  | Min. | Max. | 単位               | 備考 |
|--------------|--------------------|-----|------|------|------------------|----|
| 動作時 VCC 端子電圧 | $V_{CC(OP)}$       | 8-6 | 14   | 26   | V                |    |
| RT 端子抵抗値     | $R_{RT}$           | 3-6 | 15   | 47   | $\text{k}\Omega$ |    |
| RDLY 端子抵抗値   | $R_{RDLY}$         | 4-6 | 15   | 47   | $\text{k}\Omega$ |    |
| 入出力電圧差       | $V_{OUT} - V_{IN}$ | -   | 20   | -    | V                |    |

## 3. 電気的特性

- 電流値の極性は、IC を基準としてシンクが“+”、ソースが“-”と規定します
- 特記がない場合の条件  $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 14\text{ V}$ 、 $V_{CS} = 0.1\text{ V}$

| 項目                        | 記号              | 条件   | 端子         | Min.  | Typ.  | Max.  | 単位            |
|---------------------------|-----------------|--|------------|-------|-------|-------|---------------|
| <b>電源起動動作</b>             |                 |  |            |       |       |       |               |
| 動作開始電源電圧                  | $V_{CC(ON)}$    |  | 8-6        | 10.5  | 12.0  | 13.5  | V             |
| 動作停止電源電圧                  | $V_{CC(OFF)}$   |  | 8-6        | 8.2   | 9.5   | 11.0  | V             |
| 動作開始停止ヒステリシス              | $V_{CC(HYS)}$   |  | 8-6        | 1.4   | 2.5   | 3.1   | V             |
| 動作時回路電流                   | $I_{CC(ON)}$    |  | 8-6        | 2.0   | 3.1   | 4.4   | mA            |
| 非動作時回路電流                  | $I_{CC(OFF)}$   | $V_{CC} = 9.5\text{ V}$                                  | 8-6        | 40    | 80    | 160   | $\mu\text{A}$ |
| <b>発振制御</b>               |                 |  |            |       |       |       |               |
| 最大オン時間                    | $t_{ON(MAX)}$   | $V_{FB} = 1.5\text{ V}$<br>$R_{DLY} = 22\text{ k}\Omega$ | 7-6        | 15    | 23    | 33    | $\mu\text{s}$ |
| 最小オフ時間                    | $t_{OFF(MIN)}$  | $R_{DLY} = 22\text{ k}\Omega$                            | 7-6        | 1.8   | 2.5   | 3.2   | $\mu\text{s}$ |
| RDLY 端子電圧                 | $V_{RDLY}$      |  | 4-6        | 1.3   | 1.5   | 1.7   | V             |
| RT 端子電圧                   | $V_{RT}$        |  | 3-6        | 1.3   | 1.5   | 1.7   | V             |
| フィードバック制御電圧               | $V_{FB}$        |  | 1-6        | 2.46  | 2.50  | 2.54  | V             |
| フィードバック<br>ラインレギュレーション    | $V_{FB(LR)}$    |  | 1-6        | -8    | 1     | 12    | mV            |
| フィードバック端子<br>バイアス電流       | $I_{FB}$        |  | 1-6        | -3.2  | -2.0  | -1.0  | $\mu\text{A}$ |
| 誤差増幅器コンダクタンス              | gm              |  | 1-6<br>2-6 | 60    | 103   | 150   | $\mu\text{S}$ |
| COMP 端子流入電流               | $I_{COMP(SNK)}$ |  | 2-6        | 18    | 40    | 72    | $\mu\text{A}$ |
| COMP 端子流出電流               | $I_{COMP(SRC)}$ |  | 2-6        | -72   | -40   | -18   | $\mu\text{A}$ |
| ゼロデューティ COMP 電圧           | $V_{COMP(ZD)}$  |  | 2-6        | 0.50  | 0.65  | 0.90  | V             |
| リスタート時間                   | $t_{RS}$        |  | -          | 30    | 50    | 80    | $\mu\text{s}$ |
| <b>ドライブ出力</b>             |                 |  |            |       |       |       |               |
| ハイレベル出力電圧                 | $V_{OH}$        | $I_{OUT} = -100\text{ mA}$                               | 7-6        | 10.0  | 12.0  | 13.5  | V             |
| ローレベル出力電圧                 | $V_{OL}$        | $I_{OUT} = 200\text{ mA}$                                | 7-6        | 0.40  | 0.75  | 1.25  | V             |
| 出力立ち上がり時間 <sup>(2)</sup>  | $t_r$           | $C_{OUT} = 1000\text{ pF}$                               | 7-6        | -     | 60    | 120   | ns            |
| 出力立ち下がり時間 <sup>(2)</sup>  | $t_f$           | $C_{OUT} = 1000\text{ pF}$                               | 7-6        | -     | 20    | 70    | ns            |
| <b>電流検出、過電流保護機能</b>       |                 |  |            |       |       |       |               |
| ゼロ電流検出しきい電圧               | $V_{CS(ZCD)}$   |  | 5-6        | -16   | -10   | -4    | mV            |
| ゼロ電流検出遅延時間 <sup>(1)</sup> | $t_{DLY(ZCD)}$  | $R_{DLY} = 22\text{ k}\Omega$                            | 5-6        | 1.00  | 1.35  | 1.70  | $\mu\text{s}$ |
| 過電流保護しきい電圧                | $V_{CS(OC)}$    |  | 5-6        | -0.63 | -0.60 | -0.57 | V             |
| 過電流保護遅延時間 <sup>(1)</sup>  | $t_{DLY(OC)}$   |  | 5-6        | 100   | 250   | 400   | ns            |
| CS 端子流出電流                 | $I_{CS}$        |  | 5-6        | -110  | -75   | -40   | $\mu\text{A}$ |

(1) 設計保証項目

(2) 図 3-1 参照

| 項目                                 | 記号              | 条件 | 端子  | Min.                  | Typ.                  | Max.                  | 単位   |
|------------------------------------|-----------------|----|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|
| <b>FB 端子保護機能</b>                   |                 |    |     |                       |                       |                       |      |
| 過電圧保護しきい電圧                         | $V_{OVP}$       |    | 1-6 | $1.075 \times V_{FB}$ | $1.090 \times V_{FB}$ | $1.105 \times V_{FB}$ | V    |
| 過電圧保護ヒステリシス                        | $V_{OVP(HYS)}$  |    | 1-6 | 55                    | 90                    | 125                   | mV   |
| 低電圧保護しきい電圧                         | $V_{UVP}$       |    | 1-6 | 200                   | 300                   | 400                   | mV   |
| 低電圧保護ヒステリシス                        | $V_{UVP(HYS)}$  |    | 1-6 | 80                    | 120                   | 160                   | mV   |
| <b>過熱保護機能</b>                      |                 |    |     |                       |                       |                       |      |
| 熱保護動作温度 <sup>(1)</sup>             | $T_{j(TSD)}$    |    | -   | 135                   | 150                   | -                     | °C   |
| 熱保護動作ヒステリシス<br>温度 <sup>(1)</sup>   | $T_{j(TSDHYS)}$ |    | -   | -                     | 10                    | -                     | °C   |
| <b>熱特性</b>                         |                 |    |     |                       |                       |                       |      |
| ジャンクション-エアー間<br>熱抵抗 <sup>(1)</sup> | $\theta_{j-A}$  |    | -   | -                     | -                     | 180                   | °C/W |

(1) 設計保証項目

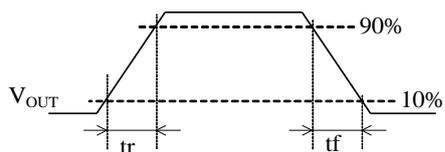
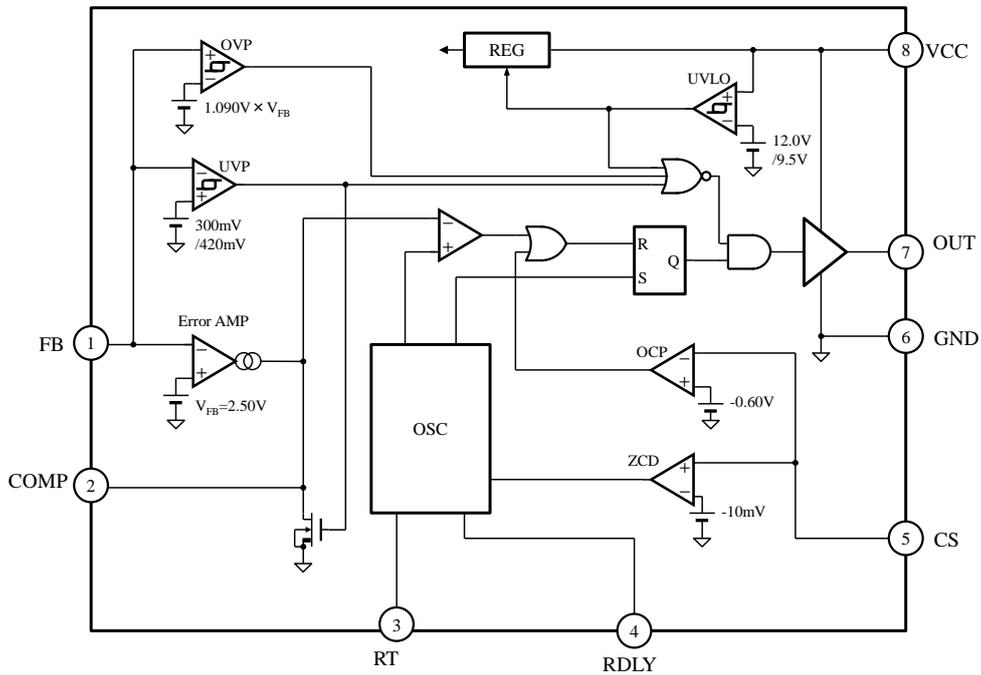
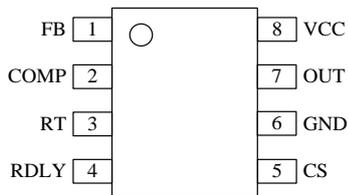


図 3-1 スイッチング時間

4. ブロックダイアグラム

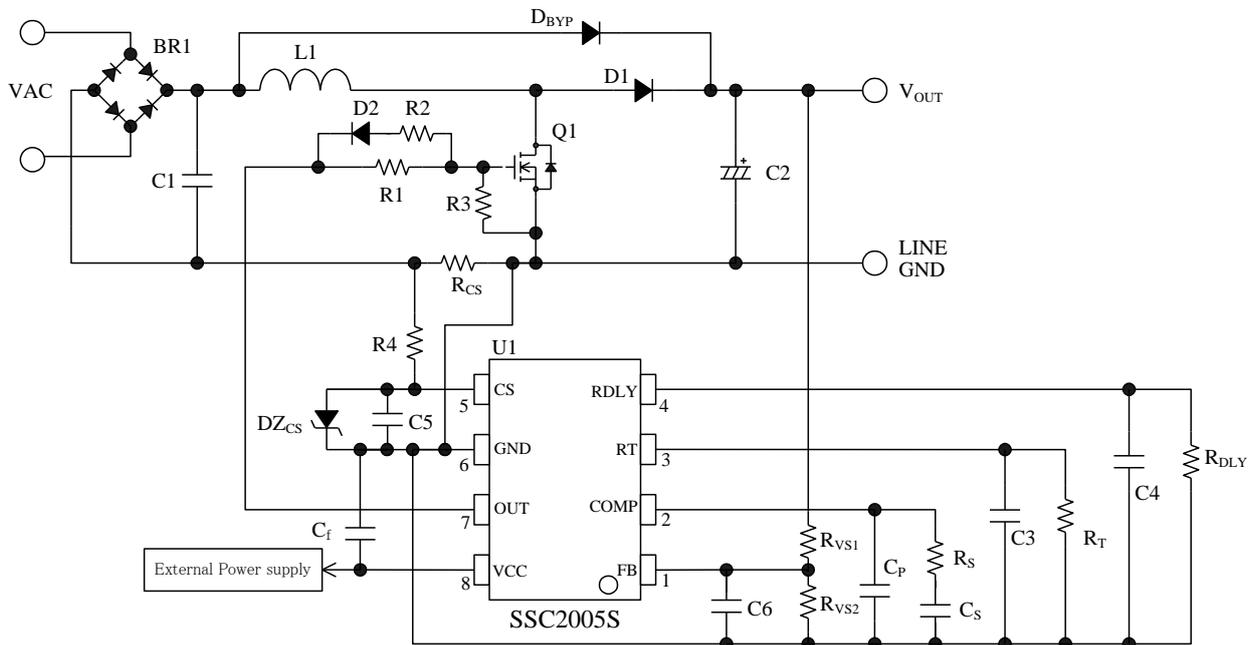


5. 各端子機能



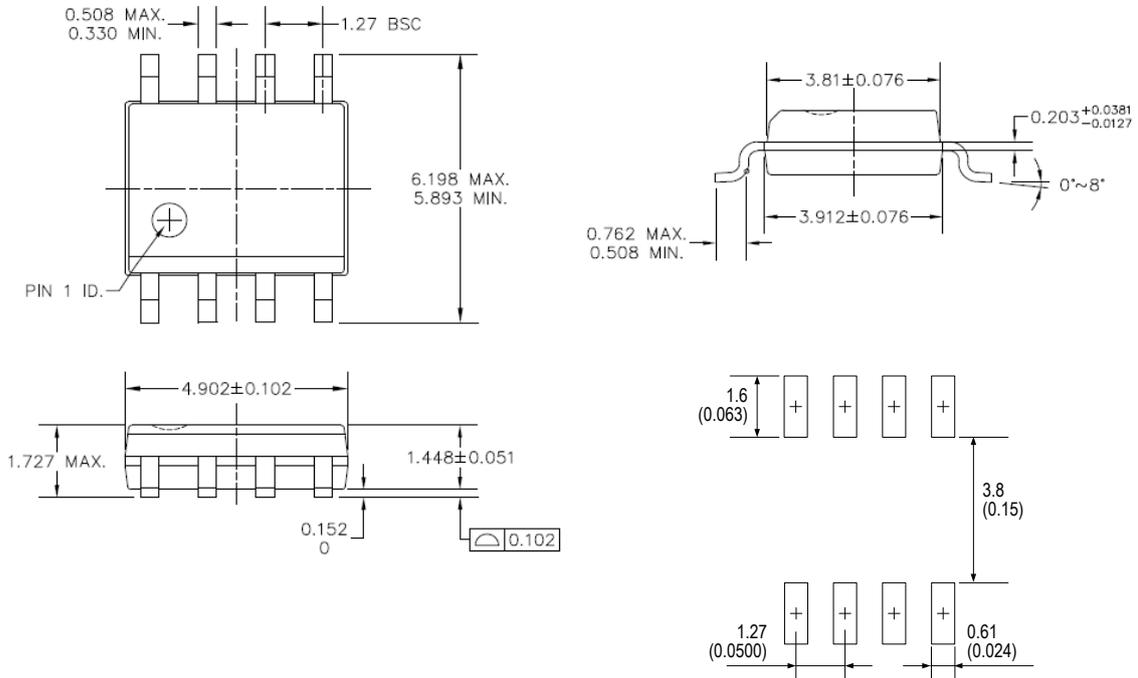
| 端子番号 | 記号   | 機能   |
|------|------|--|
| 1    | FB   | フィードバック信号入力／過電圧保護信号入力<br>／FB 端子低入力電圧保護信号入力 |
| 2    | COMP | 位相補償調整                                     |
| 3    | RT   | 最大オン時間調整                                   |
| 4    | RDLY | ボトムオンタイミング調整                               |
| 5    | CS   | 過電流保護信号／ゼロ電流検出信号入力                         |
| 6    | GND  | グラウンド                                      |
| 7    | OUT  | ゲートドライブ出力                                  |
| 8    | VCC  | 制御回路電源入力                                   |

6. 応用回路例



7. 外形寸法

SOIC8

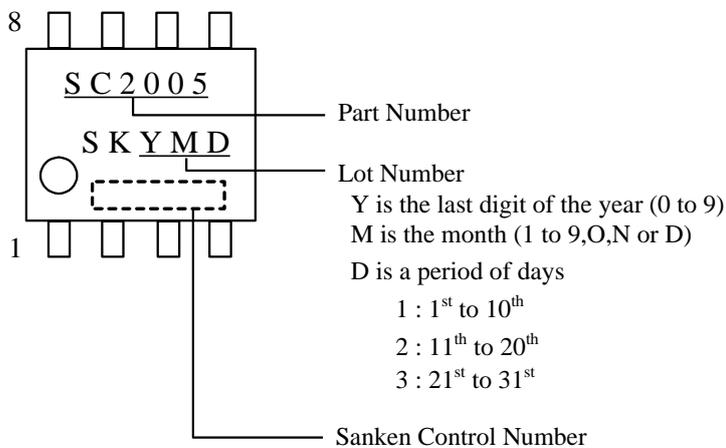


NOTES:

- 1) 単位: mm
- 2) Pb フリー品(RoHS 対応)

Land Pattern Example (not to scale)

8. 捺印仕様



9. 動作説明

- 特記なき場合の特性数値は、Typ. 値を表記します
- 電流値の極性は、IC を基準として、シンクを“+”、ソースを“-”と規定します

9.1 臨界モード(CRM)動作

図 9-1、図 9-2 のように、本 IC は、スイッチング素子 Q1 のオン/オフをブースト巻線電流がゼロになるタイミング (臨界モード) で行います。これにより、パワー MOSFET のターンオン時の di/dt を低くできます。

また、 $V_{DS}$  の自由発振波形のボトムポイントでターンオン (擬似共振動作) するように調整が可能です。これにより、ノイズおよびスイッチング損失が少ない、高効率な PFC 回路が実現できます。

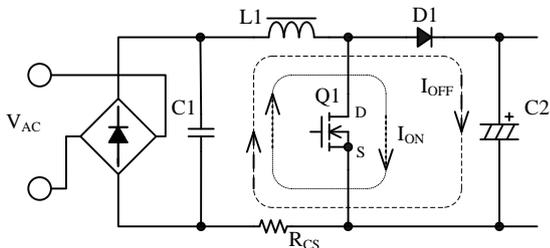


図 9-1 PFC 回路

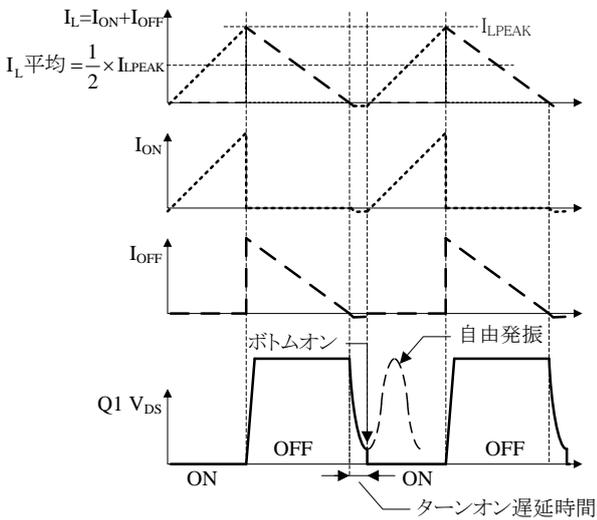


図 9-2 CRM 動作とボトムオン動作

本 IC の CRM 制御の内部ブロック図を、図 9-3 に示します。パワー MOSFET Q1 は、自励発振でスイッチングします。

オン時間の制御は次のように行います。まず FB 端子の誤差増幅器 (Error AMP) で  $R_{VS2}$  の検出電圧と基準

電圧  $V_{FB} = 2.50 \text{ V}$  を比較します。この Error AMP の出力を COMP 端子で平均化、および位相補償します。さらに、COMP 端子電圧  $V_{COMP}$  とランプ波形  $V_{OSC}$  を比較してオン時間を決めます。COMP 端子に接続したコンデンサで、20 Hz 以下の低周波数に応答するようにすることで、商用周期では、オン時間はほぼ一定になります (図 9-4)。

オフ時間とターンオン遅延時間は、ドレイン電流のゼロ電流検出と、RDLY 端子の抵抗値による遅延時間で決まります。これによりインダクタの補助巻線が不要で、簡素な PFC 回路が実現できます。

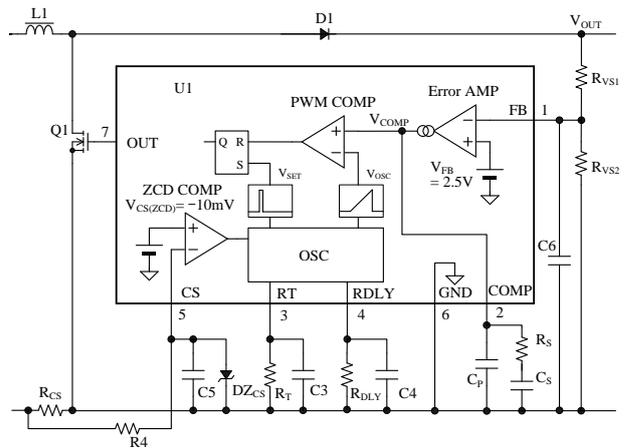


図 9-3 CRM 制御

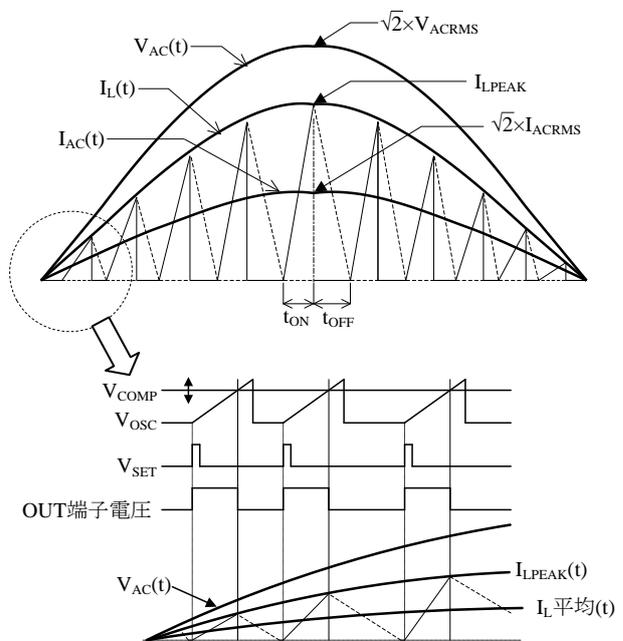


図 9-4 動作波形

CRMモードの昇圧方式のオフデューティ $D_{OFF}$ は、時間ごとの商用入力電圧を $V_{AC}(t)$ とすると、 $D_{OFF}(t) = V_{AC}(t) / V_{OUT}$ の関係があり、入力電圧に比例します。

以上の制御により、図 9-4 のようにインダクタンス電流 $I_L$ のピーク電流 $I_{LPEAK}$ は正弦波状になります。入力部のローパスフィルタでリップル電流を削除すると、入力電流は商用正弦波入力電圧に相似な波形になり、高効率を実現できます。

## 9.2 起動動作

図 9-5 に VCC 端子周辺回路を示します。

VCC 端子は、制御回路電源入力端子で、外部電源より電圧を供給します。図 9-6 のように、VCC 端子電圧が、動作開始電源電圧 $V_{CC(ON)} = 12.0\text{ V}$ まで上昇すると、制御回路が動作を開始します。制御回路動作後、動作停止電源電圧 $V_{CC(OFF)} = 9.5\text{ V}$ に低下すると、低入力時動作禁止 UVLO (Undervoltage Lockout) 回路により制御回路は動作を停止し、再び起動前の状態に戻ります。

起動時は COMP 端子電圧がゼロから上昇するため、図 9-3 の $V_{COMP}$  信号は低い状態から徐々に増加します。このソフトスタート機能により、起動時はオン幅が徐々に増加して出力電力上昇を抑え、部品ストレスを軽減します。

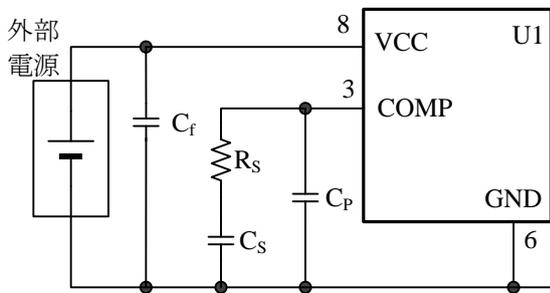


図 9-5 VCC 端子周辺回路

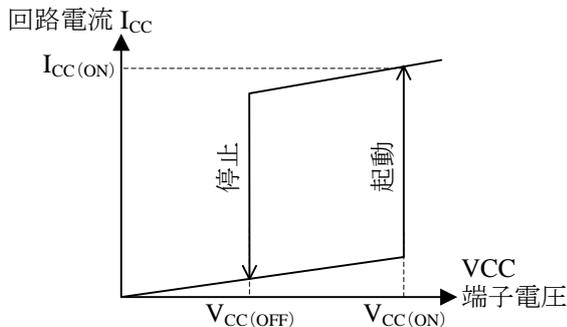


図 9-6 VCC 端子電圧と回路電流 $I_{CC}$

## 9.3 リスタート回路

本 IC は自励発振です。OUT 端子の出力が、リスタート時間 $t_{RS} = 50\ \mu\text{s}$ 以上のオフ時間を継続すると、リスタート回路は、スイッチング動作のトリガーとして OUT 端子にオン信号を出力します。これにより、IC はスイッチング動作を開始します。

起動時や軽負荷時には、発振と停止を繰り返す間欠発振動作になります。間欠発振動作時は、リスタート回路が動作し、スイッチング動作を安定にします。

$t_{RS} = 50\ \mu\text{s}$  は動作周波数 20 kHz にあたるので、インダクタンス値の設計の際は、最低動作周波数を 20 kHz より高い値に設定します。

なお、定常動作時はゼロ電流検出回路が動作してオフ時間を決めます。

## 9.4 最大オン時間の設定

過渡状態時のトランスの音なりを抑制するため、最大オン時間 $t_{ON(MAX)}$ を設けています。この $t_{ON(MAX)}$ は RT 端子に接続する抵抗 $R_T$ で調整ができます。

図 9-7 に $R_T$  値と $t_{ON(MAX)}$ の IC 設計値を示します。 $R_T$ の抵抗値は、 $t_{ON(MAX)}$ が式(9)で求める $t_{ON(SET)MAX}$ より、大きな値を選択します(10.1 “インダクタ”項参照)。

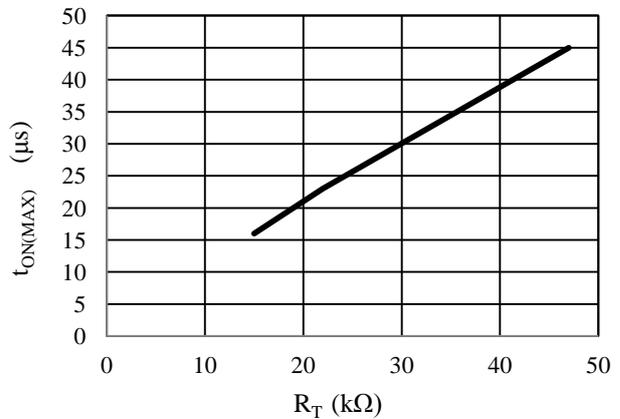


図 9-7  $R_T$  vs.  $t_{ON(MAX)}$ 特性 IC 設計値

### 9.5 ゼロ電流検出機能

図 9-8 に RDLY 端子と CS 端子の周辺回路、図 9-9 に各端子の動作波形を示します。

パワーMOSFET のオフ時間と、ドレイン-ソース間電圧  $V_{DS}$  のボトムオンタイミングは、CS 端子によるインダクタ電流  $I_L$  のゼロ電流検出と、RDLY 端子の抵抗値による遅延時間で設定します。

これによりインダクタの補助巻線が不要で、簡素な PFC 回路が実現できます。

$I_L$  のゼロ電流検出信号は、図 9-8 のように検出抵抗  $R_{CS}$  で検出し、CS 端子に入力します。パワーMOSFET がオフの期間に、CS 端子の電圧がゼロ電流検出しきい電圧  $V_{CS(ZCD)} = -10\text{ mV}$  の絶対値より小さくなると、ターンオン遅延時間  $t_{DLY}$  後に OUT 端子にオン信号を出力します。

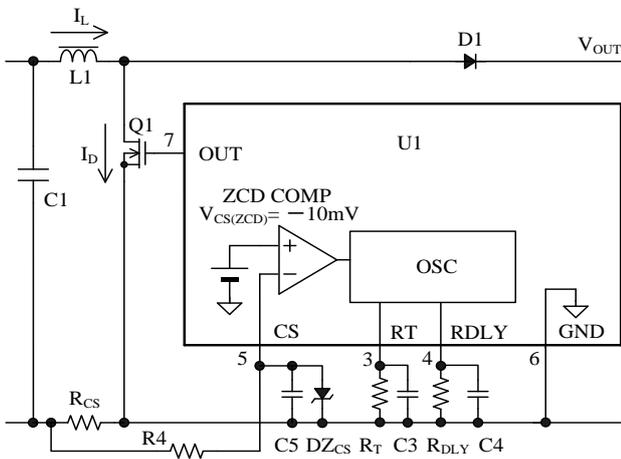


図 9-8 RDLY 端子、CS 端子周辺回路

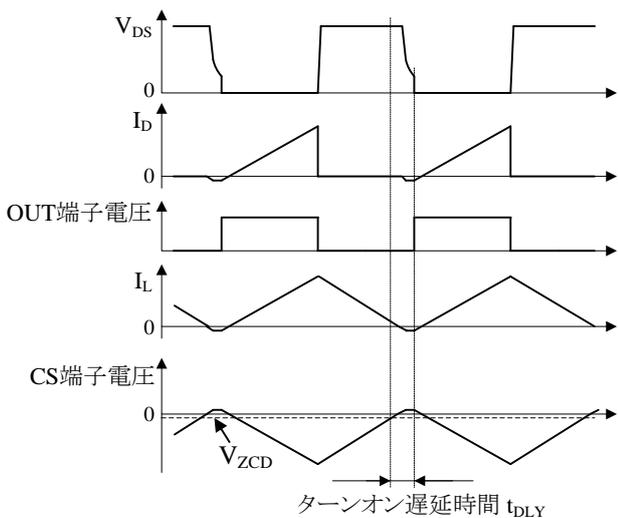


図 9-9 ゼロ電流検出

$t_{DLY}$  は RDLY 端子の抵抗値  $R_{DLY}$  で決まります。  $R_{DLY}$  と  $t_{DLY}$  の関係 (IC の設計値) を図 9-10 に示します。

実際の波形を確認し、図 9-11 のように、ターンオンタイミングが、 $V_{DS}$  の自由発振のボトムになるよう、 $R_{DLY}$  値を調整します。

オン信号の出力タイミングを、 $V_{DS}$  の自由発振のボトムにすること (擬似共振動作) により、ターンオン時のサージ電流とスイッチング損失を低減できます。これにより、低ノイズで高効率な PFC 回路を実現できます。

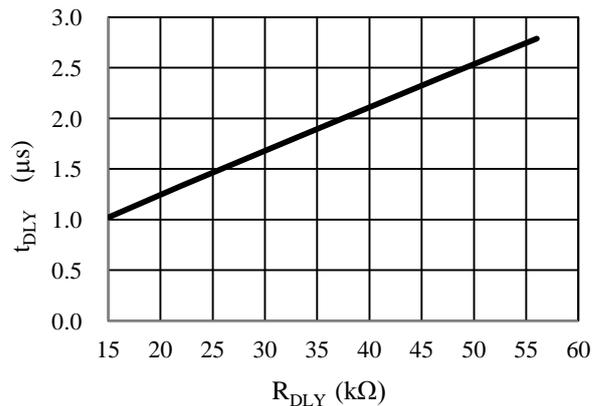


図 9-10  $R_{DLY}$  vs.  $t_{DLY}$  特性 IC 設計値

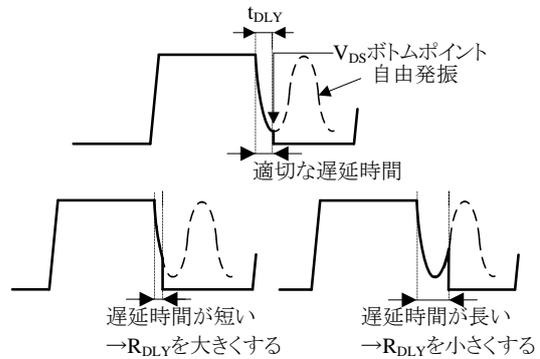


図 9-11  $V_{DS}$  ターンオンタイミング

### 9.6 最小オフ時間制限機能

軽負荷時の動作周波数の上昇を抑えるため、最小オフ時間  $t_{OFF(MIN)} = 2.5\ \mu\text{s}$  を設けています。

$t_{OFF(MIN)}$  よりインダクタのエネルギーの放出時間が短い場合、IC は不連続動作 (DCM) になります。

### 9.7 過電圧保護機能(OVP)

図 9-12 に過電圧保護の動作波形を示します。

FB 端子電圧が過電圧保護しきい電圧  $V_{OVP}$  に達すると、瞬時に OUT 端子出力をオフにし、スイッチング動作が停止します。これにより、出力電圧の上昇を防止します。 $V_{OVP}$  はフィードバック制御電圧  $V_{FB} = 2.50 \text{ V}$  の 1.090 倍です。その後、FB 端子電圧が  $V_{OVP} - V_{OVP(HYS)}$  に下がると、スイッチング動作を再開します。

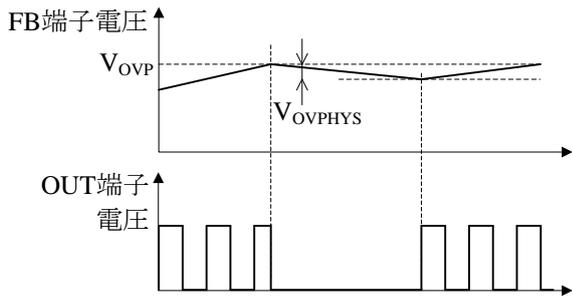


図 9-12 過電圧保護動作波形

### 9.8 FB 端子低入力電圧保護機能 (FB\_UVP)

FB 端子低入力電圧保護機能(FB\_UVP)は、フィードバックループの異常 ( $R_{VS1}$  オープンや、 $R_{VS2}$  ショートなど)で、FB 端子電圧が低下し、出力電圧  $V_{OUT}$  が異常上昇した場合に動作します。

図 9-13 に FB 端子周辺回路および内部ブロック図を示します。FB\_UVP 機能は、フィードバックループの異常で FB 端子電圧が  $V_{UVP} = 300 \text{ mV}$  以下になると、瞬時に OUT 端子電圧を Low にし、スイッチングを停止します。これにより、 $V_{OUT}$  の上昇を防止します。異常要因を取り除き、FB 端子電圧が  $V_{UVP} + V_{UVP(HYS)}$  まで上昇すると、スイッチング動作を再開します。

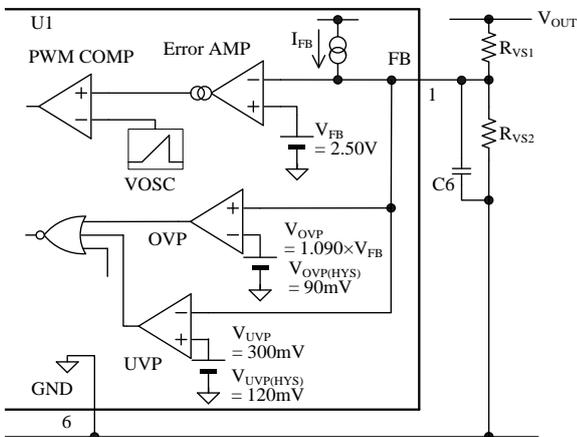


図 9-13 FB 端子周辺回路および内部ブロック図

なお、FB 端子に何も接続していない状態 (FB 端子と出力検出抵抗の間がオープン) になった場合は、FB 端子の電圧が上昇するため、過電圧保護機能(OVP)が動作します (0 項参照)。異常要因を取り除き、正常な制御に戻るとスイッチング動作を再開します。

### 9.9 過電流保護機能 (OCP)

図 9-14 に CS 端子の周辺回路と内部ブロック図を示します。本 IC の過電流検出機能は、インダクタ電流  $I_L$  を電流検出抵抗  $R_{CS}$  で検出し、 $R_{CS}$  の両端電圧  $V_{RCS}$  を CS 端子に入力します。検出電圧  $V_{RCS}$  と過電流保護しきい電圧  $V_{CS(OCP)} = -0.6 \text{ V}$  を OCP COMP で比較します。 $V_{RCS}$  が  $V_{CS(OCP)}$  の絶対値より大きくなると、パルス・バイ・パルスで OUT 端子の出力をオフにします。

図 9-14 のように、CS 端子には  $R4$ 、 $C5$  の CR フィルタおよび、過電圧保護用のツェナーダイオード  $DZ_{CS}$  を接続します。

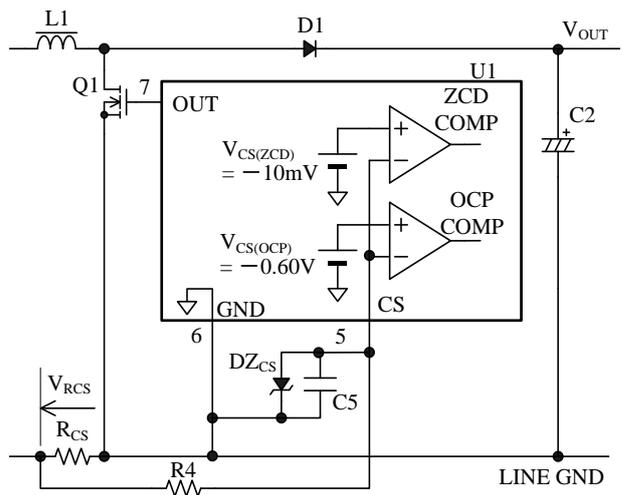


図 9-14 CS 端子周辺回路および内部ブロック図



保護用です。

$DZ_{CS}$  のツェナー電圧は、過電流保護しきい電圧  $V_{CS(OCF)}$  よりも大きく、CS 端子の絶対最大定格未満で、3.9 V 程度を推奨します。

### ● OUT 端子周辺(ゲートドライブ)回路

図 10-2 に OUT 端子の周辺回路を示します。ゲートドライブの出力である OUT 端子は、外付けのパワーMOSFET を直接駆動できます。OUT 端子の最大出力電圧は VCC 端子電圧、最大出力電流はソース-500 mA、シンク 1000 mA です。

R1 はソース電流制限用の抵抗、R2、D2 はシンク電流制限用の抵抗とダイオードです。これらは、ゲート電圧のリンギングや EMI ノイズを低減するために調整が必要で、数  $\Omega$  ~ 数十  $\Omega$  程度を接続します。

R3 は、パワーMOSFET ターンオフ時の急峻な  $dV/dt$  による誤動作を防止するための抵抗で、パワーMOSFET のゲートとソース近くに接続します。R3 は 10 k $\Omega$  ~ 100 k $\Omega$  程度を接続します。

R1、R2、D2、R3 は、基板パターン、パワーMOSFET の端子間容量と関係があるため、実機で動作を確認し、定数を調整します。

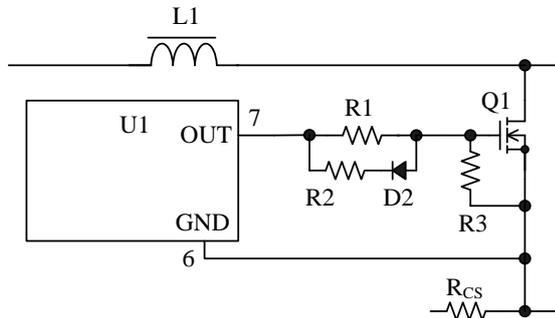


図 10-2 OUT 端子周辺回路

### ● VCC 端子周辺回路

図 10-3 に VCC 端子の周辺回路を示します。

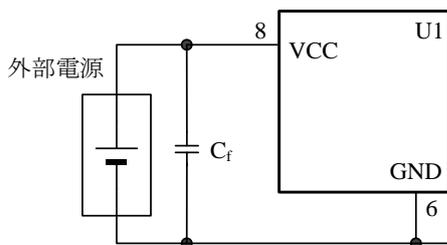


図 10-3 VCC 端子周辺回路

VCC 端子は、制御回路電源入力端子で、外部電源より電圧を供給します。

VCC 端子が外部電源から離れている場合は、バイパスコンデンサとして VCC 端子と GND 端子の近くにノイズ除去用のフィルムコンデンサ  $C_f$  を追加します。 $C_f$  の容量は 0.47  $\mu$ F 程度です。

### ● パワーMOSFET Q1

パワーMOSFET の  $V_{DSS}$  電圧は、出力電圧  $V_{OUT}$  に対し十分にマージンがあるものを選定します。

また、パワーMOSFET のスイッチング損失、およびオン抵抗による損失を考慮し、放熱器サイズを選定します。

オン抵抗の損失  $P_{RDS(ON)}$  は、次式より求めます。

ドレイン電流実効値  $I_{DRMS}$  は、

$$I_{DRMS} = \frac{2 \times \sqrt{2} \times P_{OUT}}{\eta \times V_{ACRMS(MIN)}} \times \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{4 \times \sqrt{2} \times V_{ACRMS(MIN)}}{9 \times \pi \times V_{OUT}}} \quad (4)$$

これより、オン抵抗の損失  $P_{RDS(ON)}$  は、

$$P_{RDS(ON)} = (I_{DRMS})^2 \times R_{DS(ON)125^\circ C} \quad (5)$$

ここで、

$V_{ACRMS(MIN)}$  : 商用入力電圧の下限の実効値 (V)

$P_{OUT}$  : 出力電力 (W)

$\eta$  : PFC の効率

$R_{DS(ON)125^\circ C}$  :  $T_{ch} = 125^\circ C$  における、パワーMOSFET のオン抵抗値

### ● ブーストダイオード $D_{FW}$

ブーストダイオード  $D_{FW}$  のピーク逆電圧  $V_{RSM}$  は、出力電圧  $V_{OUT}$  に対し十分にマージンがあるものを選定します。また、ノイズ、損失低減のため、逆回復時間  $t_{rr}$  の短い超高速ダイオードを推奨します。弊社ラインアップについては弊社営業へお問合せください。

放熱器のサイズは、順方向降下電圧  $V_F$  による損失と、リカバリー電流による損失を考慮して選定します。

$V_F$  による損失  $P_{DFW}$  は、次式で求めます。

$$P_{DFW} = V_F \times I_{OUT} \quad (6)$$

ここで、

$V_F$  : ブーストダイオードの順方向降下電圧 (V)

$I_{OUT}$  : 出力電流 (A)

### ● バイパスダイオード $D_{BYP}$

突入電流などの過大電流に対し、ブーストダイオード  $D_{FW}$  を保護するバイパス用ダイオードです。サージ電流耐量の高いダイオードを推奨します。弊社ラインア

ップについては弊社営業へお問合せください。

### ● 出力側コンデンサ C2

出力の平滑コンデンサは、リップル電流・電圧・温度上昇に対し、適宜マージンを設けます。また、スイッチング電源用の許容リップル電流が高い、低インピーダンスタイプを使用します。

C2 の容量 C<sub>O</sub> は、以下の式(7)、式(8)を計算し、大きい容量を選択します。

1) C2 のリップル電圧を V<sub>OUT(RI)</sub> (例 10 V<sub>PP</sub>) とすると、

$$C_O > \frac{I_{OUT}}{2 \times \pi \times f_{LINE} \times V_{OUT(RI)}} \quad (7)$$

ここで、

f<sub>LINE</sub> : 商用周波数 (Hz)

I<sub>OUT</sub> : 出力電流 (A)

C2 の両端電圧 V<sub>C2</sub> は  $V_{C2} = V_{OUT} \pm \frac{V_{OUT(RI)}}{2}$  になるため、リップル電圧が大きい場合、V<sub>C2</sub> の最大値付近で過電圧保護しきい電圧 V<sub>OVP</sub> に達したり、V<sub>C2</sub> の最小値付近で昇圧動作が停止し、入力電流波形が歪んだりする場合があります。このような場合は、C<sub>O</sub> を大きくしたり、出力電圧設定値(昇圧電圧値)を変更したりする必要があります。

2) 出力保持時間を t<sub>HOLD</sub> とすると、

$$C_O > \frac{2 \times P_{OUT} \times t_{HOLD}}{\left( (V_{OUT})^2 - (V_{OUT(MIN)})^2 \right) \times \eta} \quad (8)$$

ここで、

t<sub>HOLD</sub> : 出力保持時間(s)

V<sub>OUT(MIN)</sub> : 出力保持時の C2 の許容最低出力電圧(V)

η : 効率

t<sub>HOLD</sub> を 20 ms、P<sub>O</sub> = 200 W、効率 η = 90 %、出力電圧を 330 V ~ 390 V とすると、C<sub>O</sub> = 205 μF なので、220 μF 程度を接続します。

### ● インダクタ

CRM モードのインダクタの L<sub>p</sub> 値は、以下のように求めます。

また、インダクタは銅損・鉄損による温度上昇や磁気飽和に対し、適宜マージンを設けます。

1) 動作周波数 f<sub>SW(SET)</sub> と最大オン時間 t<sub>ON(SET)MAX</sub> の設定

商用入力電圧の波高値部分における最低動作周波数 f<sub>SW(SET)</sub> を決めます。

CRM モードの動作周波数は、商用入力電圧の波高値部分が最も低く、入力電圧が低くなるにしたがい高くなります。波高値部分の動作周波数 f<sub>SW(SET)</sub> は、可聴周波数より高い 25 kHz 以上に設定します。

そのときの最大オン時間 t<sub>ON(SET)MAX</sub> は次式で求めます。なお、“9.4 最大オン時間の設定”項の最大オン時間 t<sub>ON(MAX)</sub> は、t<sub>ON(SET)MAX</sub> より大きい値に設定にします。

$$t_{ON(SET)MAX} = \frac{V_{OUT} - \sqrt{2} \times V_{ACRMS(MIN)}}{f_{SW(SET)} \times V_{OUT}} \quad (9)$$

ここで、

V<sub>OUT</sub> : 出力電圧(V)

V<sub>ACRMS(MIN)</sub> : 商用入力電圧下限の実効値(V)

2) 出力電圧 V<sub>OUT</sub>

昇圧コンバータの出力電圧 V<sub>OUT</sub> は、入力電圧より高くなります。このため V<sub>OUT</sub> 設定電圧は、次式に示すように、一般に、商用入力電圧上限値の波高値より 20 V 以上高く設定します。

$$V_{OUT} \geq \sqrt{2} \times V_{ACRMS(MAX)} + 20(V) \quad (10)$$

ここで、

V<sub>ACRMS(MAX)</sub> : 商用入力電圧の上限値(V)

3) インダクタンス値 L<sub>p</sub>

次式の V<sub>ACRMS</sub> に商用入力電圧の上限と下限を代入し、L<sub>p</sub> を求め、値の小さい方を用います。

$$L_p = \frac{\eta \times (V_{ACRMS})^2 \times (V_{OUT} - \sqrt{2} \times V_{ACRMS})}{2 \times P_{OUT} \times f_{SW(SET)} \times V_{OUT}} \quad (11)$$

ここで、

V<sub>ACRMS</sub> : 商用入力電圧の上限/下限の実効値 (V)

P<sub>OUT</sub> : 出力電力 (W)

η : PFC の効率

(η は、パワー-MOSFET のオン抵抗 R<sub>DS(ON)</sub> と、整流ダイオードの順方向降下電圧 V<sub>F</sub> に依存し、通常 0.90 ~ 0.97 の範囲)

4) インダクタピーク電流 I<sub>LP</sub>

商用入力電圧下限値の波高値部分のピーク電流 I<sub>LP</sub> は、次式で求めます。

$$I_{LP} = \frac{2 \times \sqrt{2} \times P_{OUT}}{\eta \times V_{ACRMS(MIN)}} \quad (12)$$

## 10.2 パターン設計

スイッチング電源は、高周波かつ高電圧の電流経路が存在し、基板のパターンや部品の実装条件が、動作、ノイズ、損失などに大きく影響します。そのため、高周波電流ループは極力小さくし、パターンを太くして、ラインインピーダンスを低くする必要があります。

また、GNDラインは輻射ノイズに大きな影響を与えるため、極力太く、短く配線します。

さらに、以下に示す内容を配慮したパターン設計が必要です。

図 10-4 に IC 周辺回路の接続例を、図 10-5 に IC 周辺のレイアウト例を示します。

### (1) 主回路パターン

スイッチング電流が流れる主回路パターンです。このパターンは極力太く、電流ループを小さく配線します。

### (2) GND 端子周り

制御系 GND パターンに主回路の大電流が流れると、IC の動作に影響を与える可能性があります。制御系の GND は専用パターンにし、 $R_{CS}$  のできるだけ近くに配線します(図 10-4 の A 点)。

### (3) 電流検出用抵抗 $R_{CS}$ 周り

$R_{CS}$  は、MOSFET のソースと CS 端子の近くに配置します。CS 端子の周辺部品への配線は、専用パターンで  $R_{CS}$  の根元から接続します。  
主回路系と制御系のグラウンドは  $R_{CS}$  近傍で接続します

### (4) IC 周辺部品

IC に接続する制御系の部品は IC の近くに配置し、最短で各端子に接続します。



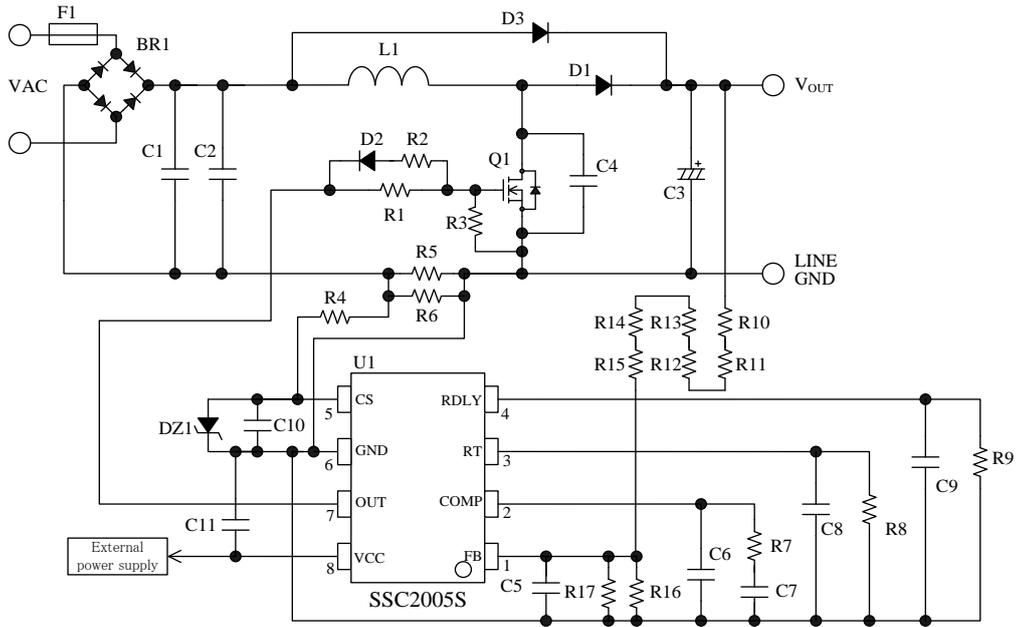
11. 電源回路例

電源回路例として、電源仕様と、その回路図および部品表、トランス仕様を以下に示します。

● 電源仕様

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 使用 IC            | SSC2005S          |
| 入力電圧             | AC 85～AC 265 V    |
| 入力電力             | 200 W             |
| 出力電圧             | 398 V             |
| 動作周波数(入力電圧波高値部分) | 60 kHz (AC 265 V) |

● 回路図



● 部品表

| 記号                | 部品名      | 定格 <sup>(1)</sup> | 弊社<br>推奨部品 | 記号                 | 部品名           | 定格 <sup>(1)</sup> | 弊社<br>推奨部品 |
|-------------------|----------|-------------------|------------|--------------------|---------------|-------------------|------------|
| BR1               | General  | 600 V             |            | R5                 | General       | 0.15 Ω, 2W        |            |
| F1                | Fuse     | AC 250 V          |            | R6                 | General       | 0.15 Ω, 2W        |            |
| L1                | Inductor | 160 μH            |            | R7                 | General       | 10 kΩ             |            |
| C1                | Ceramic  | 450 V, 0.68 μF    |            | R8                 | General       | 22 kΩ             |            |
| C2                | Ceramic  | 450 V, 0.68 μF    |            | R9 <sup>(2)</sup>  | General       | 22 kΩ             |            |
| C3 <sup>(2)</sup> | Ceramic  | 450 V, 180 μF     |            | R10 <sup>(3)</sup> | General       | 470 kΩ            |            |
| C4 <sup>(2)</sup> | Ceramic  | 1kV, 100pF        |            | R11 <sup>(3)</sup> | General, 1%   | 560 kΩ            |            |
| C5                | Ceramic  | 1000 pF           |            | R12 <sup>(3)</sup> | General, 1%   | 560 kΩ            |            |
| C6                | Ceramic  | 0.47 μF           |            | R13 <sup>(3)</sup> | General, 1%   | 560 kΩ            |            |
| C7                | Ceramic  | 1 μF              |            | R14 <sup>(3)</sup> | General, 1%   | 680 kΩ            |            |
| C8                | Ceramic  | 0.01 μF           |            | R15 <sup>(3)</sup> | General, 1%   | 680 kΩ            |            |
| C9                | Ceramic  | 0.01 μF           |            | R16                | General, 1%   | 680 kΩ            |            |
| C10               | Ceramic  | 3300 pF           |            | R17                | General       | 33 kΩ             |            |
| C11               | Ceramic  | 0.47 μF           |            | D1                 | Fast recovery | 600V, 10 A        | FMNS-1106S |
| R1 <sup>(2)</sup> | General  | 100 Ω             |            | D2                 | Schottky      | 60 V, 0.7 A       | AK06       |
| R2 <sup>(2)</sup> | General  | 10 Ω              |            | D3                 | General       | 600V, 1.2A        | RM10A      |
| R3 <sup>(2)</sup> | General  | 100 kΩ            |            | U1                 | IC            | SSC2005S          |            |
| R4                | General  | 47 Ω              |            |                    |               |                   |            |

<sup>(1)</sup> 特記のない部品の定格は、コンデンサ: 50 V 以下、抵抗: 1/8 W 以下

<sup>(2)</sup> 実機評価で調整が必要な部品

<sup>(3)</sup> 高圧の DC 電圧が印加する高抵抗のため、電源要求仕様に応じて、電食を考慮した抵抗を選択したり、直列に抵抗を追加して、個々の印加電圧を下げたりするなどの配慮をします

## 使用上の注意

弊社の製品を使用、またはこれを使用した各種装置を設計する場合、定格値に対するデレーティングをどの程度行うかにより、信頼性に大きく影響します。デレーティングとは信頼性を確保または向上するため、各定格値から負荷を軽減した動作範囲を設定したり、サージやノイズなどについて考慮したりすることです。デレーティングを行う要素には、一般的に電圧、電流、電力などの電氣的ストレス、周囲温度、湿度などの環境ストレス、半導体製品の自己発熱による熱ストレスがあります。これらのストレスは、瞬間的数値、あるいは最大値、最小値についても考慮する必要があります。

なお、パワーデバイスやパワーデバイス内蔵 IC は、自己発熱が大きく接合部温度のデレーティングの程度が、信頼性を大きく変える要素となるので十分に配慮してください。

保管環境、特性検査上の取り扱い方法によっては信頼度を損なう要因となるので、注意事項に留意してください。

### 保管上の注意事項

- 保管環境は、常温(5~35°C)、常湿(40~75%)中が望ましく、高温多湿の場所、温度や湿度の変化が大きな場所を避けてください
- 腐食性ガスなどの有毒ガスが発生しない、塵埃の少ない場所で、直射日光を避けて保管してください
- 長期保管したものは、使用前にはんだ付け性やリードの錆などについて再点検してください

### 特性検査、取り扱い上の注意事項

受入検査などで特性検査を行う場合は、測定器からのサージ電圧の印加、端子間ショートや誤接続などに十分注意してください。また定格以上の測定は避けてください

### はんだ付け方法

- はんだ付けをする場合は、下記条件以内で、できるだけ短時間で作業してください
  - 260 ± 5 °C 10 ± 1 s (フロー、2回)
  - 380 ± 10 °C 3.5 ± 0.5 s (はんだごて、1回)

### 静電気破壊防止のための取扱注意

- 製品を取り扱う場合は、人体アースを取ってください。人体アースはリストストラップなどを用い、感電防止のため、1MΩの抵抗を人体に近い所へ入れてください
- 製品を取り扱う作業台は、導電性のテーブルマットやフロアマットなどを敷き、アースを取ってください
- カーブトレーサーなどの測定器を使う場合、測定器もアースを取ってください
- はんだ付けをする場合、はんだごてやディップ槽のリーク電圧が、製品に印加するのを防ぐため、はんだごての先やディップ槽のアースを取ってください
- 製品を入れる容器は、弊社出荷時の容器を用いるか、導電性容器やアルミ箔などで、静電対策をしてください

## 注意書き

- 本書に記載している内容は、改良などにより予告なく変更することがあります。  
ご使用の際には、最新の情報であることを確認してください。
- 本書に記載している動作例および回路例は、使用上の参考として示したもので、これらに起因する弊社もしくは第三者の工業所有権、知的所有権、その他の権利の侵害問題について弊社は一切責任を負いません。弊社の合意がない限り、弊社は、本書に含まれる本製品(商品適性および特定目的または特別環境に対する適合性を含む)ならびに情報(正確性、有用性、信頼性を含む)について、明示的か黙示的かを問わず、いかなる保証もしていません。
- 弊社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体製品では、ある確率での欠陥、故障の発生は避けられません。製品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害などが発生しないよう、使用者の責任において、装置やシステム上で十分な安全設計および確認を行ってください。
- 本書に記載している製品は、一般電子機器(家電製品、事務機器、通信端末機器、計測機器など)に使用することを意図しております。  
高い信頼性を要求する装置(輸送機器とその制御装置、交通信号制御装置、防災・防火装置、各種安全装置など)への使用を検討、および一般電子機器であっても長寿命を要求する場合は、必ず弊社販売窓口へ相談してください。  
極めて高い信頼性を要求する装置(航空宇宙機器、原子力制御、生命維持のための医療機器など)には、弊社の文書による合意がない限り使用しないでください。
- 本書に記載している製品の使用にあたり、本書に記載している製品に他の製品・部材を組み合わせる場合、あるいはこれらの製品に物理的、化学的、その他何らかの加工・処理を施す場合には、使用者の責任においてそのリスクを検討の上行ってください。
- 本書に記載している製品は耐放射線設計をしておりません。
- 弊社物流網以外での輸送、製品落下などによるトラブルについて、弊社は一切責任を負いません。
- 本書に記載している内容を、文書による弊社の承諾なしに転記・複製することを禁じます