

目次

概要	1
1. 絶対最大定格	3
2. 電気的特性	3
3. ブロックダイアグラム	5
4. 各端子機能	5
5. 応用回路例	6
6. 外形寸法	7
7. 捺印仕様	7
8. 動作説明	8
8.1 臨界モード(CRM)動作	8
8.2 起動動作	9
8.3 リスタート回路	9
8.4 最大オン時間の設定	9
8.5 ゼロ電流検出とボトムオンタイミング(遅延時間)の設定	10
8.6 最小オフ時間制限機能	11
8.7 過電圧保護機能(OVP)	11
8.8 FB端子低入力電圧保護機能(FB_UVP)	11
8.9 過電流保護機能(OCP)	12
9. 設計上の注意点	12
9.1 インダクタの設計	12
9.2 外付け部品	13
9.3 パターン設計	15
10. 電源回路例	17
使用上の注意	18
注意書き	19

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	μA	
RT 端子電流	I_{RT}		3-6	-500~0	μA	
RDLY 端子電流	I_{RDLY}		4-6	-500~0	μA	
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. 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
電源起動動作							
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	μA
発振制御							
最大オン時間	$t_{ON(MAX)}$	$V_{FB} = 1.5\text{ V}$ $R_{RT} = 22\text{ k}\Omega$	7-6	15	23	33	μs
最小オフ時間	$t_{OFF(MIN)}$	$R_{DRY} = 22\text{ k}\Omega$	7-6	1.35	1.95	2.80	μs
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 バイアス電流	I_{FB}		1-6	-3.2	-2.0	-1.0	μA
誤差増幅器コンダクタンス	g_m		1-6 2-6	60	103	150	μS
COMP 端子流入電流	$I_{COMP(SNK)}$		2-6	18	40	72	μA

項目	記号	条件	端子	Min.	Typ.	Max.	単位
COMP 端子流出電流	$I_{COMP(SRC)}$		2-6	-72	-40	-18	μA
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	μs
ドライブ出力							
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 ⁽¹⁾	t_r	$C_{OUT} = 1000 \text{ pF}$	7-6	-	60	120	ns
出力立ち下がり時間 ⁽¹⁾	t_f	$C_{OUT} = 1000 \text{ pF}$	7-6	-	20	70	ns
電流検出、過電流保護機能							
ゼロ電流検出しきい電圧	$V_{CS(ZCD)}$		5-6	-20	-10	0	mV
ゼロ電流検出遅延時間 ⁽²⁾	$t_{DLY(ZCD)}$	$R_{DLY} = 22 \text{ k}\Omega$	5-6	0.55	0.95	1.17	μs
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 ⁽²⁾	$t_{DLY(OC)}$		5-6	100	250	400	ns
CS 端子流出電流	I_{CS}		5-6	-110	-75	-40	μA
FB 端子保護機能							
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
過熱保護機能							
熱保護動作温度 ⁽²⁾	$T_{j(TSD)}$		-	135	150	-	$^{\circ}C$
熱保護動作ヒステリシス温度 ⁽²⁾	$T_{j(TSDHYS)}$		-	-	10	-	$^{\circ}C$
熱特性							
ジャンクション-エア-間熱抵抗 ⁽²⁾	θ_{j-A}		-	-	-	180	$^{\circ}C/W$

⁽¹⁾ 図 3-1 参照

⁽²⁾ 設計保証項目

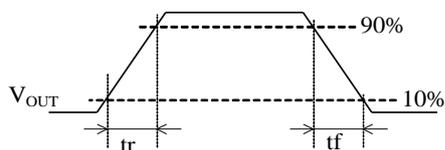
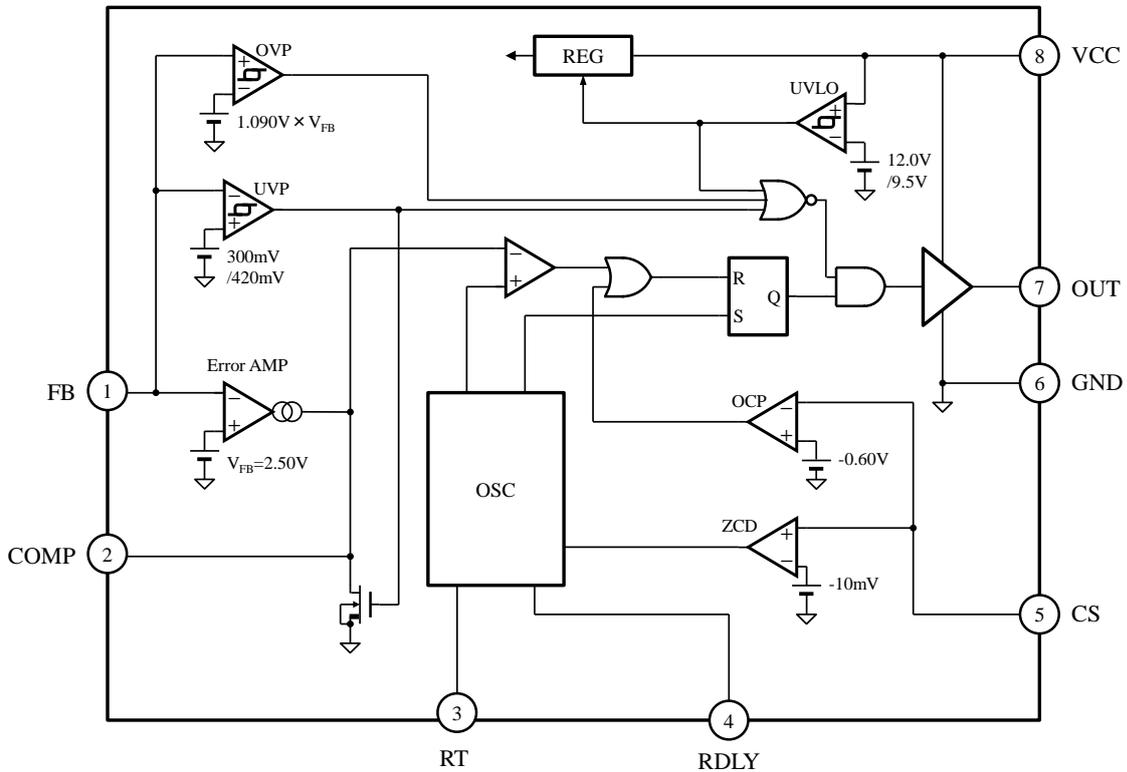
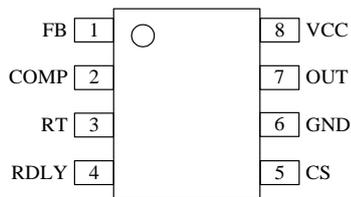


図 3-1 スイッチング時間

3. ブロックダイアグラム

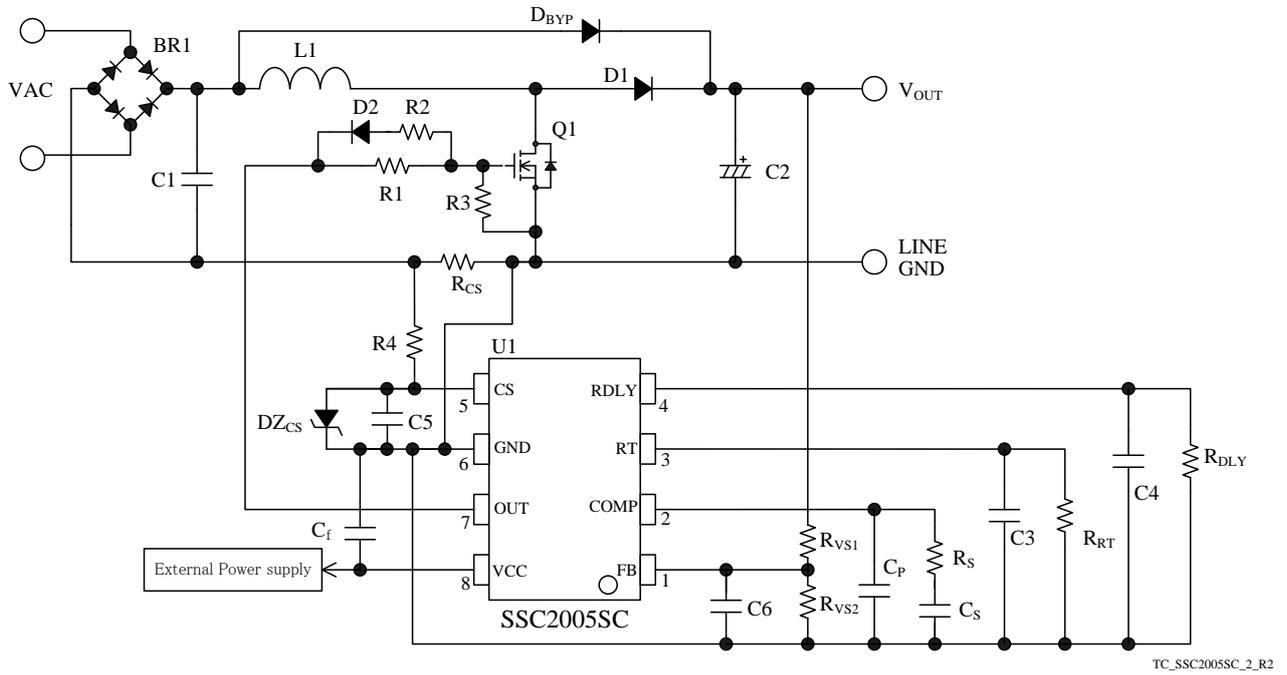


4. 各端子機能



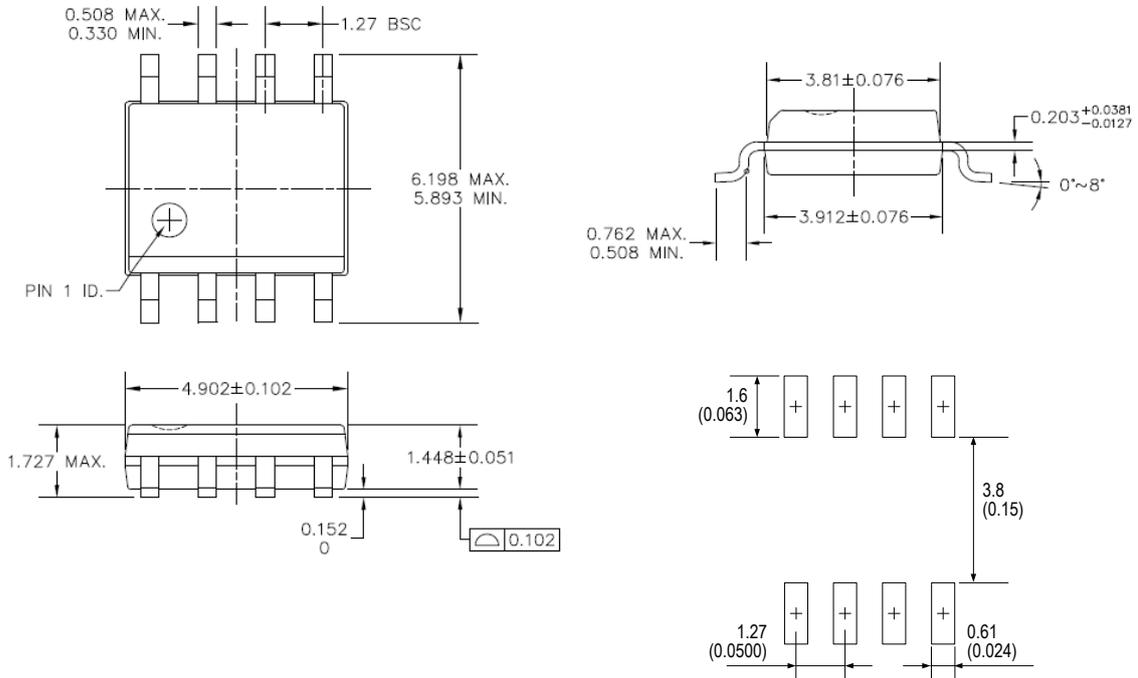
端子番号	記号	機能
1	FB	フィードバック信号入力／過電圧保護信号入力 ／FB 端子低入力電圧保護信号入力
2	COMP	位相補償調整
3	RT	最大オン時間調整
4	RDLY	ボトムオンタイミング調整
5	CS	過電流保護信号／ゼロ電流検出信号入力
6	GND	グラウンド
7	OUT	ゲートドライブ出力
8	VCC	制御回路電源入力

5. 応用回路例



6. 外形寸法

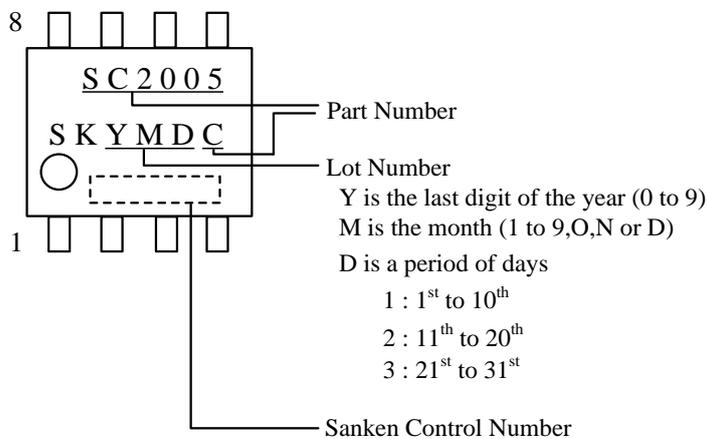
SOIC8



NOTES:

- 1) 単位: mm
- 2) Pb フリー品(RoHS 対応)

7. 捺印仕様



8. 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

8.1 臨界モード(CRM)動作

図 8-1、図 8-2 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）するように調整ができるため、低ノイズで高効率な PFC 回路が実現できます。

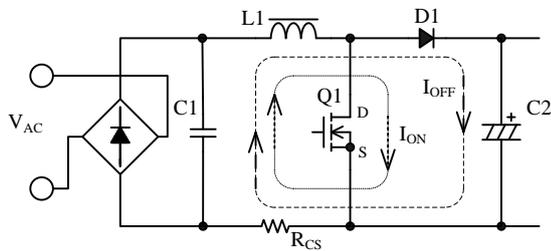


図 8-1 PFC 回路

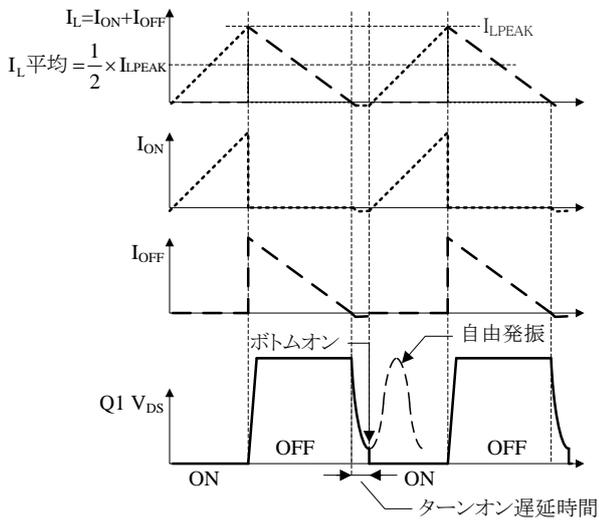


図 8-2 CRM 動作とボトムオン動作

本 IC の CRM 制御の内部ブロック図を、図 8-3 に示します。パワーMOSFET Q1 は、自励発振で動作します。

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 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 8-4)。

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。

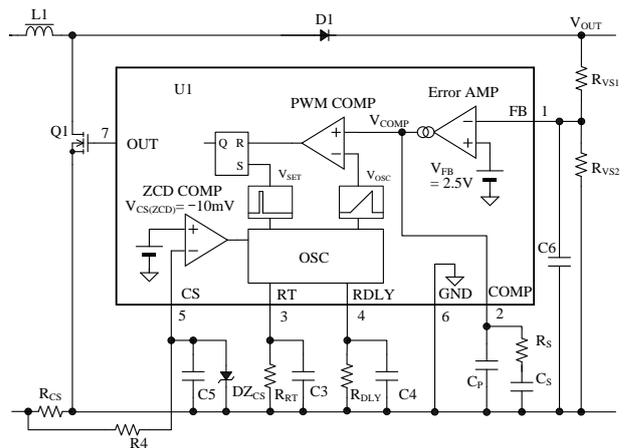


図 8-3 CRM 制御

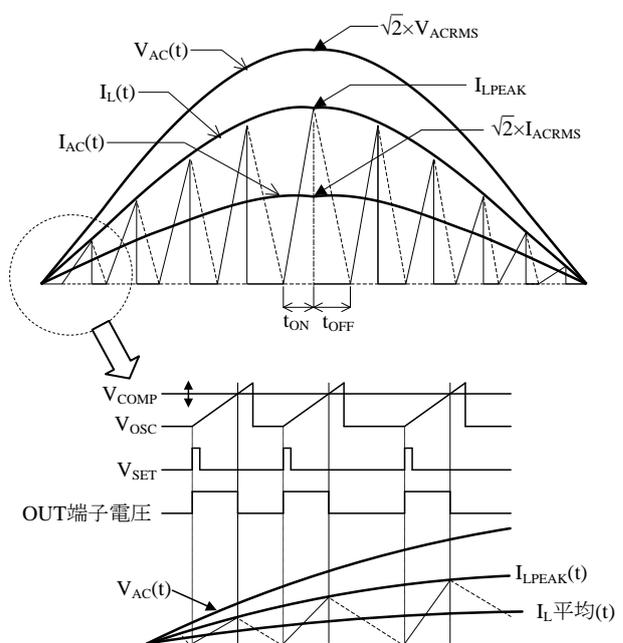


図 8-4 動作波形

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 8-4 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、高力率が実現できます。

8.2 起動動作

図 8-5 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 8-6 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 8-3 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の上昇を抑え、部品ストレスを軽減します。

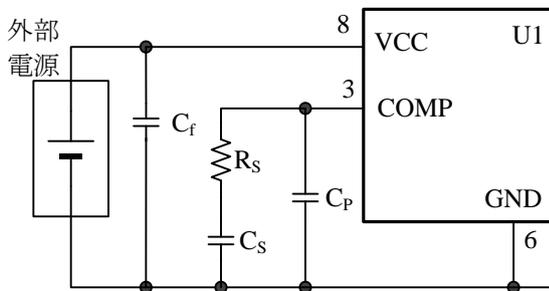


図 8-5 VCC 端子周辺回路

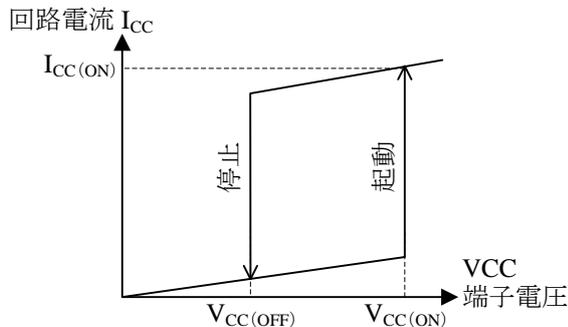


図 8-6 VCC 端子電圧と回路電流 I_{CC}

8.3 リスタート回路

本 IC は自励発振で、ゼロ電流検出回路(8.5 項参照)により、OUT 端子のオフ時間を決定しています。ただし、OUT 端子のオフ時間が、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、リスタート回路が動作し、OUT 端子をターンオンします。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(可聴周波数以上)に設定します。

8.4 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_{RT} で調整ができます。

R_{RT} と $t_{ON(MAX)}$ は図 8-7 の関係があります。

R_{RT} の値は、以下のように商用入力電圧下限値の波高値部分の最大オン時間 $t_{ON(MAX)_OP}$ を計算し、グラフから求めます。

- $t_{ON(SET)MAX}$ の算出
次式で商用入力電圧下限値の波高値部分のピーク電流 I_{LP} を求めます。

$$I_{LP} = \frac{2 \times \sqrt{2} \times P_{OUT}}{\eta \times V_{ACRMS(MIN)}} \quad (A) \quad (1)$$

ここで、

- P_{OUT} : 出力電力(W)
- $V_{ACRMS(MIN)}$: 商用入力電圧下限の実効値(V)
- η : PFC の効率(通常 0.90~0.97 の範囲)

式(1)と 9.1 項の式(5)より、商用入力電圧下限値の波高値部分の最大オン時間 $t_{ON(MAX)_OP}$ は次式で計算できます。

$$t_{ON(MAX)_OP} = \frac{L_P \times I_{LP}}{\sqrt{2} \times V_{ACRMS(MIN)}} \quad (s) \quad (2)$$

ここで、

- L_P : インダクタンス値(式(5)より算出)
- $V_{ACRMS(MIN)}$: 商用入力電圧下限の実効値 (V)

- R_{RT} の算出
図 8-7 より、 R_{RT} は $t_{ON(MAX)_OP}$ における R_{RT} 値($R_{RT(SET)}$)より大きい範囲で設定します。 R_{RT} の範囲は 15 k Ω ~47 k Ω です。 $t_{ON(MAX)_OP}$ が

16.3 μs 以下の時は、 R_{RT} は 15 kΩ に設定します。 $t_{ON(MAX_OP)}$ が 45 μs を超える場合、 R_{RT} が 47 kΩ を超えるため、式(5)の $f_{SW(SET)}$ の設定値を上げて L_p を再設定する必要があります。
 また、 $R_{RT(SET)}$ に対し、選択した R_{RT} が大きすぎる場合、起動などの過渡時において、トランスが音鳴りする可能性があるため、注意が必要です。

$$t_{ON(DLY)} \approx \pi\sqrt{L_p \times C_v} \quad (3)$$

ここで、
 L_p : インダクタンス値(式(5)より算出)
 C_v : パワーMOSFET の出力容量、インダクタンスの寄生容量、ブーストダイオードの接合容量の合成容量

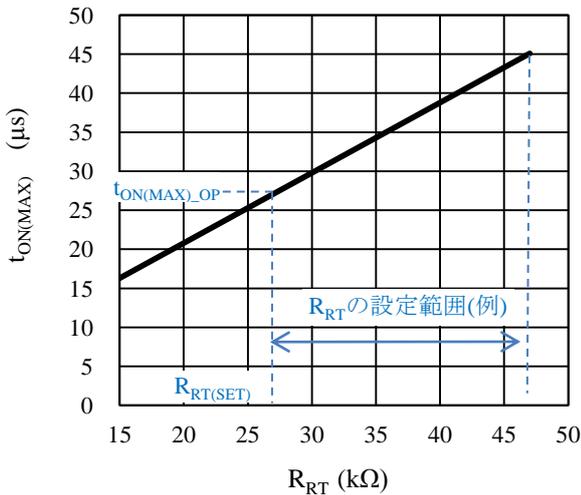


図 8-7 R_{RT} vs. $t_{ON(MAX)}$ 特性 IC 設計値

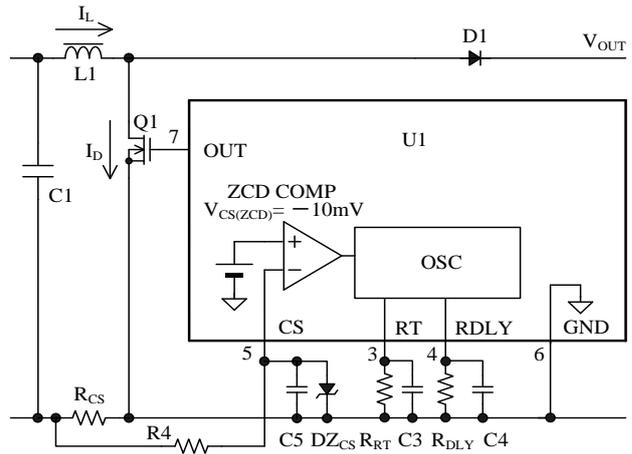


図 8-8 RDLY 端子、CS 端子周辺回路

8.5 ゼロ電流検出とボトムオンタイミング(遅延時間)の設定

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

パワーMOSFET のオフ時間は、CS 端子で検出するのゼロ電流信号と、RDLY 端子で設定するの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。

インダクタ電流 I_L のゼロ電流検出信号は、図 8-8 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。

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 8-10 に示します。

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。

R_{DLY} の範囲は 15 kΩ ~ 56 kΩ です。図 8-11 に示す理想的な遅延時間は、次式(3)に示すように L_p と C_v に依存します。

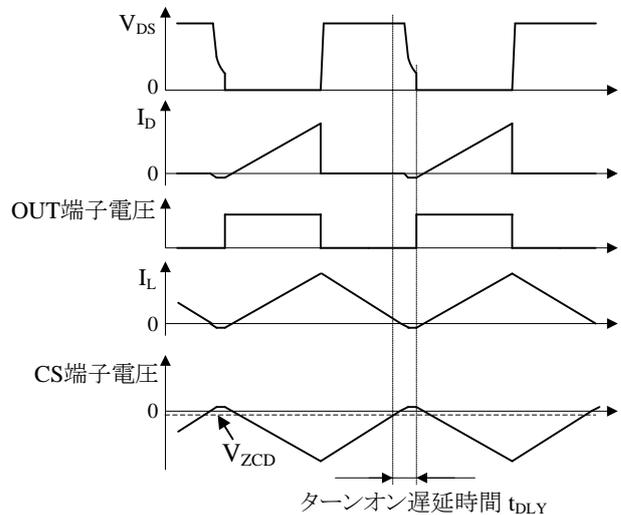


図 8-9 ゼロ電流検出

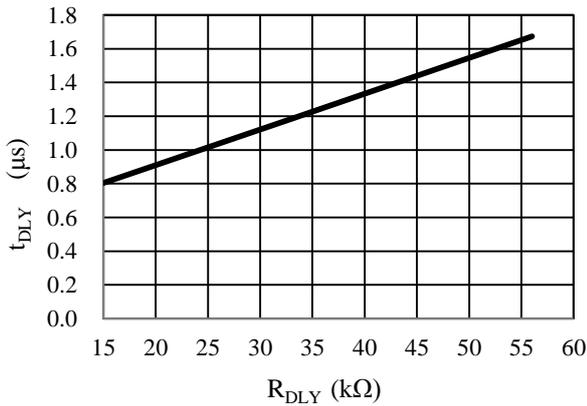


図 8-10 R_{DLY} vs. t_{DLY} 特性 IC 設計値

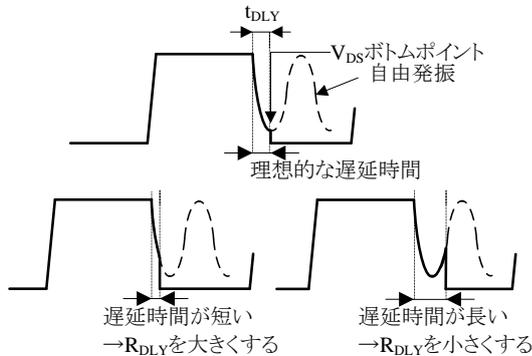


図 8-11 V_{DS} ターンオンタイミング

8.6 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 $t_{OFF(MIN)} = 1.95 \mu s$ 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。

8.7 過電圧保護機能(OVP)

図 8-12 に過電圧保護の動作波形を示します。

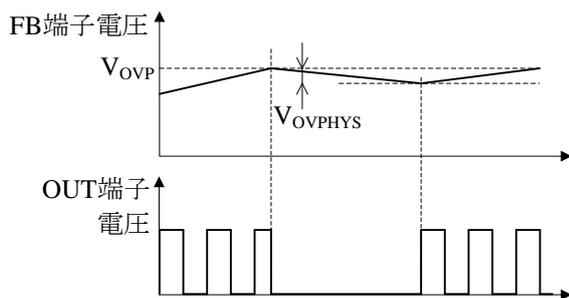


図 8-12 過電圧保護動作波形

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 $V_{FB} = 2.50 V$ 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。

8.8 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 8-13 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 $V_{UVP} = 300 mV$ 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。

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 (8.7 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。

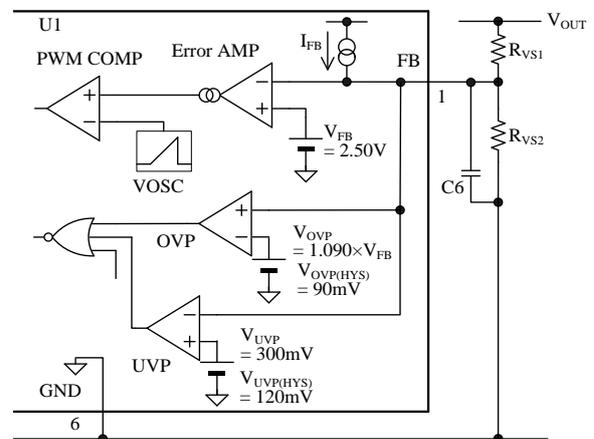


図 8-13 FB 端子周辺回路および内部ブロック図

8.9 過電流保護機能(OCP)

図 8-14 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 $V_{CS(OCP)} = -0.60V$ 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 8-14 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。

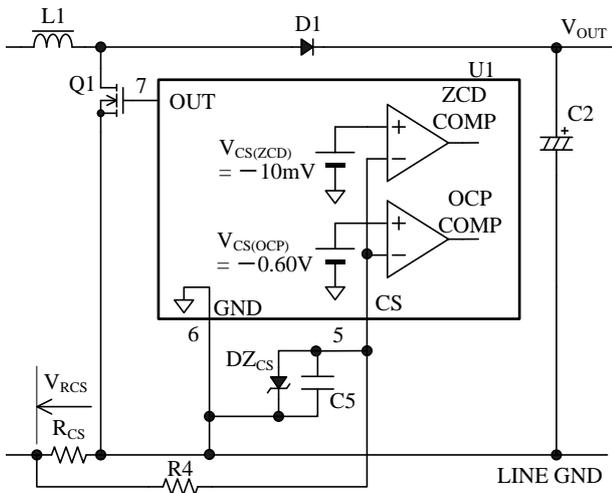


図 8-14 CS 端子周辺回路および内部ブロック図

$$V_{OUT} \geq \sqrt{2} \times V_{ACRMS(MAX)} + V_{DIF} \quad (V) \quad (4)$$

ここで、

$V_{ACRMS(MAX)}$: 商用入力電圧の上限値 (V)

V_{DIF} : 昇圧電圧 (10V 程度) (V)

2) 動作周波数 $f_{SW(SET)}$ 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 $f_{SW(SET)}$ を決めます。

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 $f_{SW(SET)}$ は、可聴周波数 (20 kHz) より高く設定します。

3) インダクタンス値 L_P

次式の V_{ACRMS} に商用入力電圧の上限と下限を代入し、 L_P を求め、値の小さい方を用います。

$$L_P = \frac{\eta \times (V_{ACRMS})^2 \times (V_{OUT} - \sqrt{2} \times V_{ACRMS})}{2 \times P_{OUT} \times f_{SW(SET)} \times V_{OUT}} \quad (H) \quad (5)$$

ここで、

η : PFC の効率

(η は、パワー-MOSFET のオン抵抗 $R_{DS(ON)}$ と、整流ダイオードの順方向降下電圧 V_F に依存し、通常 0.90~0.97 の範囲)

V_{ACRMS} : 商用入力電圧の上限/下限の実効値 (V)

V_{OUT} : 出力電圧 (V)

P_{OUT} : 出力電力 (W)

$f_{SW(SET)}$: 商用入力電圧の波高値部分における最低動作周波数(kHz)

9. 設計上の注意点

9.1 インダクタの設計

インダクタンス値 L_P は、以下のように求めます。

以下に示す計算式は近似式です。計算したインダクタンス値で実機の動作を確認すると、ピーク電流や周波数などの値が、計算時の設定値と異なる場合があります。そのため、最終的に電源の仕様に合わせてインダクタンス値の調整が必要です。

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) 出力電圧 V_{OUT}

昇圧コンバータの出力電圧 V_{OUT} は、次式に示すように商用入力電圧上限における波高値より高く設定します。

9.2 外付け部品

各部品は使用条件に適合したものを使用します。

図 9-1 に IC の周辺回路を示します。

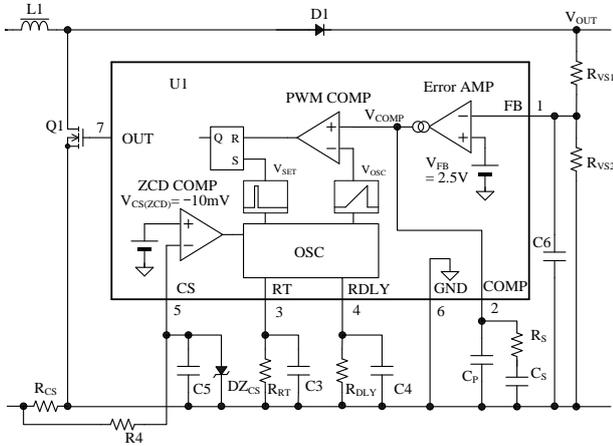


図 9-1 IC 周辺回路

● FB 端子周辺(出力電圧検出)回路

図 9-1 の出力電圧設定値 V_{OUT} は、検出抵抗 R_{VS1} 、 R_{VS2} で決まり、次式で求めます。

$$V_{OUT} = \left(\frac{V_{FB}}{R_{VS2}} + I_{FB} \right) \times R_{VS1} + V_{FB} \quad (6)$$

ここで、

V_{FB} : フィードバック制御電圧 2.50 V
 I_{FB} : バイアス電流 -2.0 μ A
 R_{VS1} 、 R_{VS2} : 出力電圧設定値 V_{OUT} となる抵抗値 (Ω)

R_{VS1} は、高圧の DC 電圧が印加する高抵抗のため、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。

$C6$ はスイッチングノイズ低減用のコンデンサで、100 pF~3300 pF 程度を接続します。

● COMP 端子周辺回路: R_S 、 C_S 、 C_P

図 9-1 の COMP 端子は、FB 端子電圧が入力された Error AMP の出力を平均化します。この信号 V_{COMP} とランプ波形 V_{OSC} を比較してオン時間を制御します。 C_S 、 R_S は、負荷に応じてオン時間を変動する際の応答速度を調整します。コンデンサと抵抗の値はそれぞれ $C_S = 1 \mu$ F、 $R_S = 10 \text{ k}\Omega$ 程度を選定します。 C_S が大きすぎるとダイナミック変動時などの応答が遅れ、出力電圧低下などの原因になります。また、 C_S 、 R_S は起動時のソフトスタート期間に影響するので、最終的に実機で動作を確認し、定数の調整が必要です。

C_P は主に出力リップルの平均化用で、小さすぎると出力リップルの影響を受け、不安定動作になる可能性があります。 C_P の容量は 0.47 μ F 程度を選定します。

● RT 端子周辺回路: R_{RT} 、 $C3$

$C3$ は、スイッチングノイズ低減用です。 R_{RT} と並列に 0.01 μ F 程度を接続します。

R_{RT} は最大オン時間 $t_{ON(MAX)}$ 設定用の抵抗で 15 k Ω ~47 k Ω です。

R_{RT} の設定方法は 8.4 項を参照してください。

● RDLY 端子周辺回路: R_{DLY} 、 $C4$

図 9-1 の R_{DLY} はパワー-MOSFET のターンオンタイミング(ターンオン遅延時間 t_{DLY})の設定用抵抗です。8.5 ゼロ電流検出機能を参照し、適切な t_{DLY} になるよう、 R_{DLY} の値を設定します。 R_{DLY} の範囲は 15 k Ω ~56 k Ω です。

$C4$ はスイッチングノイズ低減用のコンデンサで、0.01 μ F 程度を接続します。

● CS 端子周辺回路: R_{CS} 、 $R4$ 、 $C5$ 、 DZ_{CS}

図 9-1 の R_{CS} は電流検出用の抵抗です。過電流保護しきい電圧 $V_{CS(OC)} = -0.60 \text{ V}$ と式(1)より、次式(7)で求めます。

$$R_{CS} \leq \frac{|V_{CS(OC)}|}{I_{LP}} \quad (\Omega) \quad (7)$$

$R4$ 、 $C5$ の CR フィルタは、パワー-MOSFET のターンオン時のドレイン電流サージに OCP COMP が応答し、IC が不安定な動作になるのを防止します。

$R4$ は、OCP 検出およびゼロ電流検出(8.5 項参照)の検出精度に影響を与えるため、47 Ω 程度を推奨します。

$C5$ は、 $C5$ と $R4$ による CR フィルタのカットオフ周波数が 1 MHz 程度になるよう、次式を満たす容量を推奨します。

$$C5 = \frac{1}{2 \times \pi \times 1 \times 10^6 \times R4} \quad (\text{F}) \quad (8)$$

式(8)より、 $R4 = 47 \Omega$ とき、 $C5 = 3300 \text{ pF}$ 程度です。

CS 端子電圧の絶対最大定格は -5 V です。 DZ_{CS} は、起動時に出力コンデンサ $C2$ を充電するために流れる突入電流が、 R_{CS} に流れた際の CS 端子の過電圧保護用です。

DZ_{CS} のツェナー電圧は、過電流保護しきい電圧 $V_{CS(OC)}$ 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 9-2 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 Ω~数十 Ω 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 kΩ~100 kΩ 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。

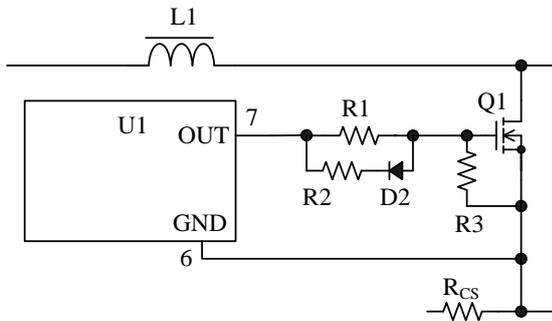


図 9-2 OUT 端子周辺回路

● VCC 端子周辺回路

図 9-3 に VCC 端子の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。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 μF 程度です。

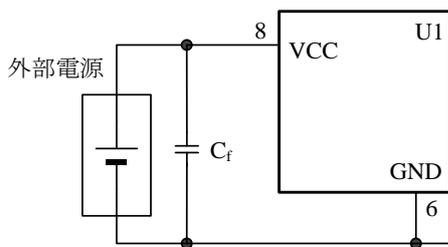


図 9-3 VCC 端子周辺回路

● 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、

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

これより、オン抵抗の損失 P_{RDS(ON)} は、

$$P_{RDS(ON)} = (I_{DRMS})^2 \times R_{DS(ON)125^\circ C} \quad (W) \quad (10)$$

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)
- η : PFC の効率
- R_{DS(ON)125°C} : T_{ch} = 125 °C におけるパワーMOSFET のオン抵抗値 (Ω)

● 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_{D_{FW}} は、次式で求めます。

$$P_{D_{FW}} = V_F \times I_{OUT} \quad (W) \quad (11)$$

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 の容量は、以下の式(12)、式(14)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 $V_{OUT(RI)}$ (例 10 V_{PP}) とすると、

$$C2 > \frac{I_{OUT}}{2 \times \pi \times f_{LINE} \times V_{OUT(RI)}} \quad (F) \quad (12)$$

ここで、

f_{LINE} : 商用周波数 (Hz)

I_{OUT} : 出力電流 (A)

C2 の両端電圧 V_{C2} は式(13)になるため、リップル電圧が大きい場合、 V_{C2} の最大値付近で過電圧保護しきい電圧 V_{OVP} に達したり、 V_{C2} 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、C2 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。

$$V_{C2} = V_{OUT} \pm \frac{V_{OUT(RI)}}{2} \quad (V) \quad (13)$$

2) 出力保持時間を t_{HOLD} とすると、

$$C2 > \frac{2 \times P_{OUT} \times t_{HOLD}}{\left((V_{OUT})^2 - (V_{OUT(MIN)})^2 \right)} \quad (F) \quad (14)$$

ここで、

t_{HOLD} : 出力保持時間(s)

$V_{OUT(MIN)}$: 出力保持時の C2 の許容最低出力電圧(V)

η : 効率

9.3 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 9-4 に IC 周辺回路の接続例を、図 9-5 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

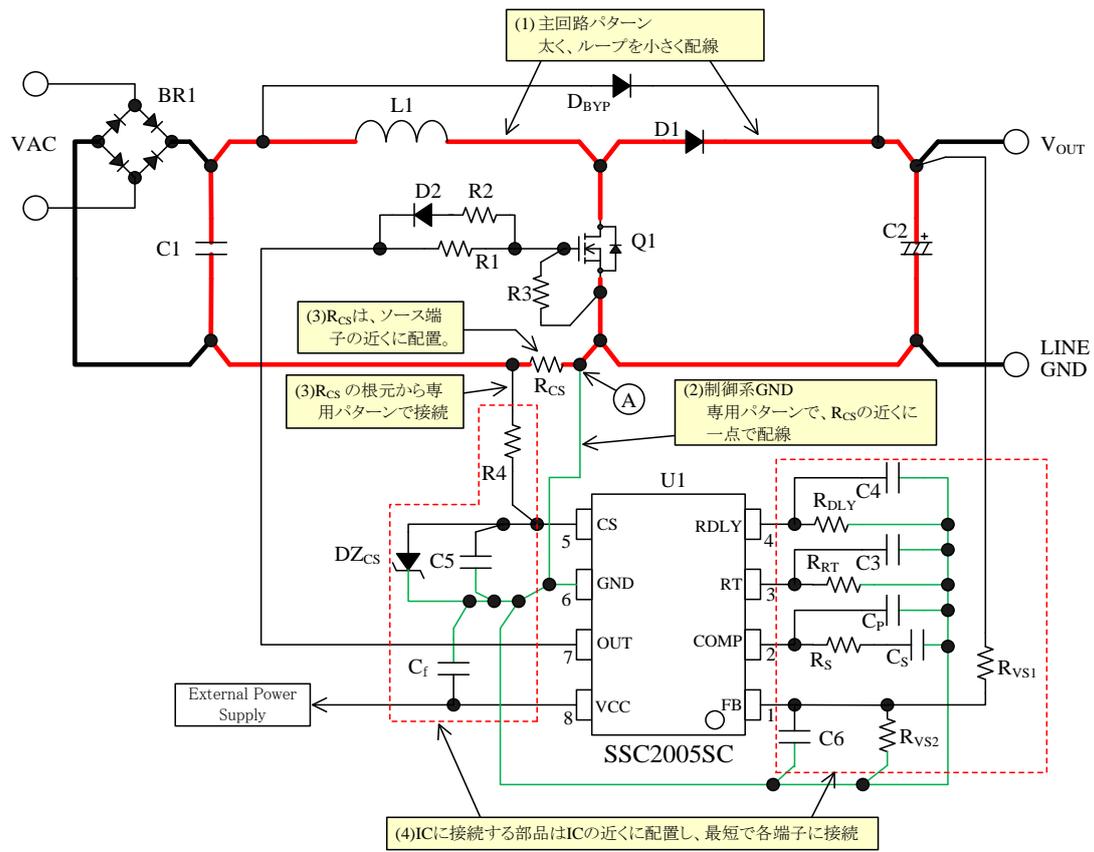
制御系 GND パターンに主回路の大電流が流れると、IC の動作に影響を与える可能性があります。制御系の GND は専用パターンにし、 R_{CS} のできるだけ近くに配線します(図 9-4 の A 点)。

(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。

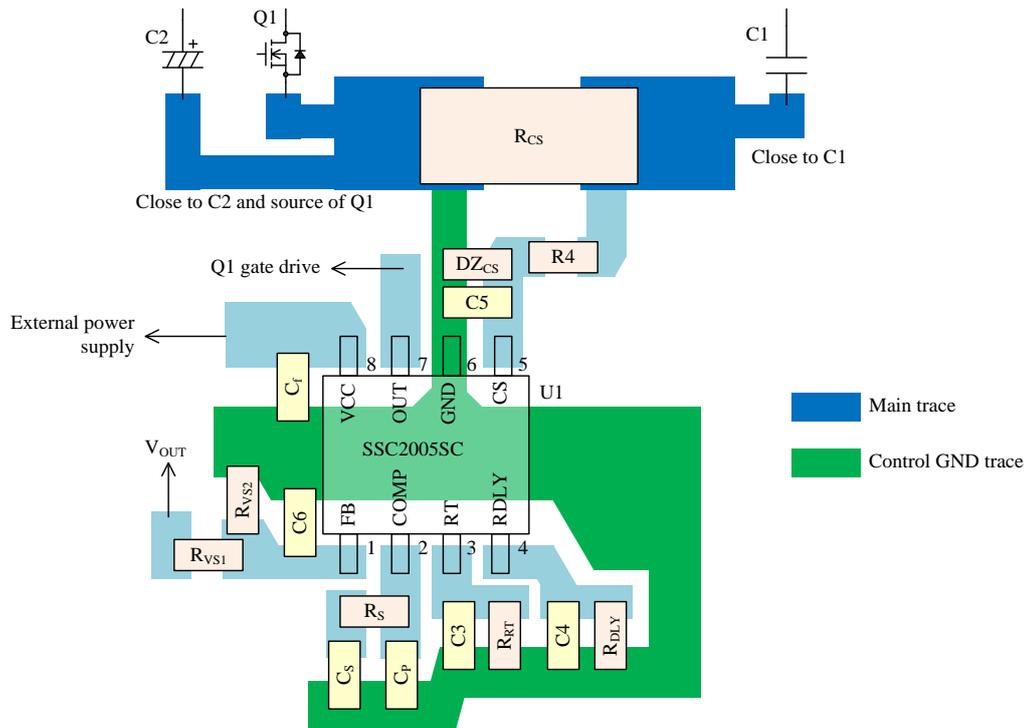
(4) IC 周辺部品

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。



TC_SSC2005SC_3_R2

図 9-4 IC 周辺回路の接続例



TC_SSC2005SC_4_R2

図 9-5 IC 周辺のパターンレイアウト例

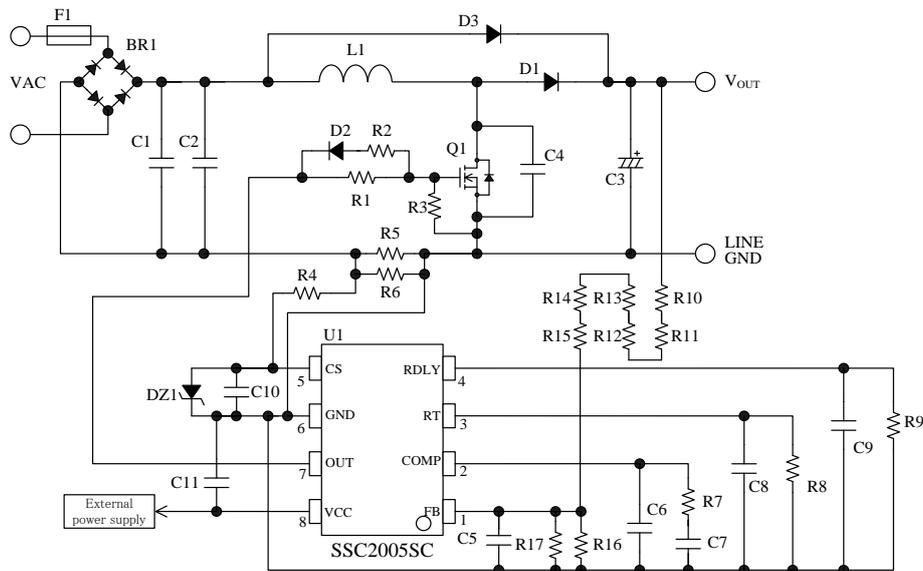
10. 電源回路例

電源回路例として、電源仕様と、その回路図および部品表を示します。

● 電源仕様

使用 IC	SSC2005SC
入力電圧	AC 85～AC 265 V
出力電力	200 W
出力電圧	390 V
最低動作周波数(入力電圧波高値部分)	40kHz (AC 265 V)
効率	0.95

● 回路図



TC_SSC2005SC_S_R1

● 部品表

記号	部品名	定格 ⁽¹⁾	弊社 推奨部品	記号	部品名	定格 ⁽¹⁾	弊社 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	170μH (EI30)		R7	General	10 kΩ	
C1	Ceramic	450 V, 0.68 μF		R8	General	15 kΩ	
C2	Ceramic	450 V, 0.68 μF		R9 ⁽²⁾	General	15kΩ	
C3 ⁽²⁾	Ceramic	450 V, 180 μF		R10 ⁽³⁾	General	180 kΩ, 1%	
C4 ⁽²⁾	Ceramic	1kV, 100pF		R11 ⁽³⁾	General	820 kΩ, 1%	
C5	Ceramic	1000 pF		R12 ⁽³⁾	General	560 kΩ, 1%	
C6	Ceramic	0.47 μF		R13 ⁽³⁾	General	560 kΩ, 1%	
C7	Ceramic	1 μF		R14 ⁽³⁾	General	680 kΩ, 1%	
C8	Ceramic	0.01 μF		R15 ⁽³⁾	General	680 kΩ, 1%	
C9	Ceramic	0.01 μF		R16 ⁽²⁾	General	Open	
C10	Ceramic	3300 pF		R17	General	22 kΩ, 1%	
C11	Ceramic	0.47 μF		D1	Fast recovery	600V, 10 A	FMNS-1106S
R1 ⁽²⁾	General	100 Ω		D2	Schottky	60 V, 0.7 A	AK06
R2 ⁽²⁾	General	10 Ω		D3	General	600V, 1.2A	RM10A
R3 ⁽²⁾	General	100 kΩ		U1	IC		SSC2005SC
R4	General	47 Ω					

⁽¹⁾ 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

⁽²⁾ 実機評価で調整が必要な部品

⁽³⁾ 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、定格値に対するディ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。ディ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。ディ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ィ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℃）、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
 - ・ $260 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 10 \pm 1 s（フロー、2回）
 - ・ $380 \pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 3.5 \pm 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、1M Ω 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、回路例および推奨例は、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、生命権、身体権、財産権、その他一切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おりません
- 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