



SSC2101S シリーズ of Reconninentled for Aeri Designs アプリケーションノート (Rev.1.1)

サンケン電気株式会社 SANKEN ELECTRIC CO., LTD. http://www.sanken-ele.co.jp



目次

1.	概	要	3
2.	特	長	3
3.	ブロ	ロック図と各端子機能	4
4.	外	形図	5
5.	電	気的特性	6
6.	応	用回路例	9
7.	電	流不連続型インターリーブ方式の動作説明	10
8.	動	作説明	11
8	3.1	起動動作	11
8	3.2	ソートッカ. 1 HW会に	122
8	3.3	プントスタート機能 電圧制御動作 高速負荷応答機能(HSR)	12
	3.4	高速負荷応答機能(HSR)	14
_	3.5	ゲートドライブ	14
	3.6	エラーアンプ位相補正	15
	3.7	一	15
	3.8	過電流保護機能 (OCP)	16
	3.9	出力過電圧保護機能 (OVP)	
	3.10	出力オープンループ検出機能 (OLP)	
	3.11	端子開放保護機能 (OTP)	
9.	パ	ラメータの設計	
10	訬	計上の注音点	23

注 意

- ●本書に記載されている内容は、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ご確認ください。
- ●本書に記載され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、これらに起因する当社、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当社は一切責任を負いません。
- ●本書に記載されている製品をご使用の場合は、これらの製品と目的物との組合せについて使用者の責任において検 討・判断を行ってください。
- ●当社は品質、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。 部品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害などを発生させないよう、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。
- ●本書に記載されている製品は、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)に使用されることを意図しております。

高い信頼性が要求される装置(輸送機器とその制御装置、交通信号制御装置、防災・防犯装置、各種安全装置など)への使用をご検討の際には、必ず当社販売窓口へご相談をお願いします。

極めて高い信頼性が要求される装置(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、当社の文書による合意がない限り使用しないでください。

- ●本書に記載された製品は耐放射線設計をしておりません。
- ●本書に記載された内容を文書による当社の承諾なしに転記複製を禁じます。



1. 概要

SSC2101S シリーズは、電流不連続型(Discontinuous Conduction Mode)インターリーブ力率改善(Power Factor Correction) 用制御 IC です。

2 相インターリーブ制御により、入出力リップル電流が少なく、低ノイズ、コストパフォーマンスに優れた、外付け部品の少ない、PFC システムが容易に構成できます。

2. 特長

特長と利点

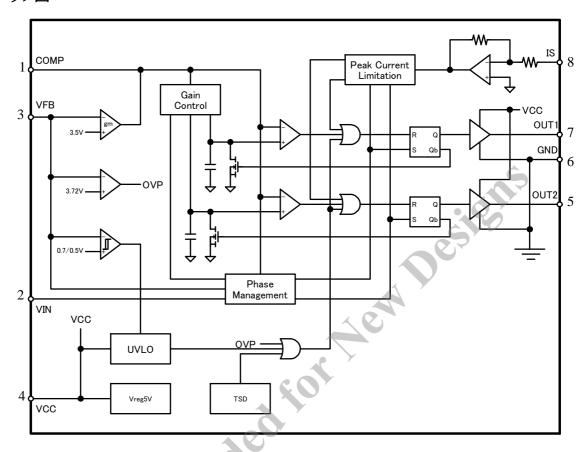
- ●電流不連続型(DCM)インターリーブ方式 (電流ピークが少なく、低リップル、低ノイズ、ミドルパワー向け用途に適します)
- ●電圧モード制御方式 (内部演算機により、インダクタ電流検出用補助巻線が不要になり、シンプルな回路構成が可能)
- •最大 ON 時間制御回路内蔵=15μs(TYP)
- ●ソフトスタート機能内蔵(電源起動時の部品ストレス軽減)
- 高速負荷応答(HSR)(ダイナミック負荷変動時の出力電圧変動の抑制)
- エラーアンプ基準電圧= 3.5V(TYP)
- 保護機能
 - -ソフト出力過電圧保護(SOVP) ------出力低下
 - 出力過電圧保護 (OVP) -------------------パルス・バイ・パルスで GATE 出力を OFF、自動復帰
 - -過電流保護(OCP) ------2 種類の保護動作、自動復帰
 - ーオープンループ検出(OLD) ------発振停止し、スタンバイモードに移る
 - -端子開放保護(OTP) ------VFB 端子、VIN 端子、IS 端子の開放時、

発振停止、もしくは出力低下



3. ブロック図と各端子機能

ブロック図



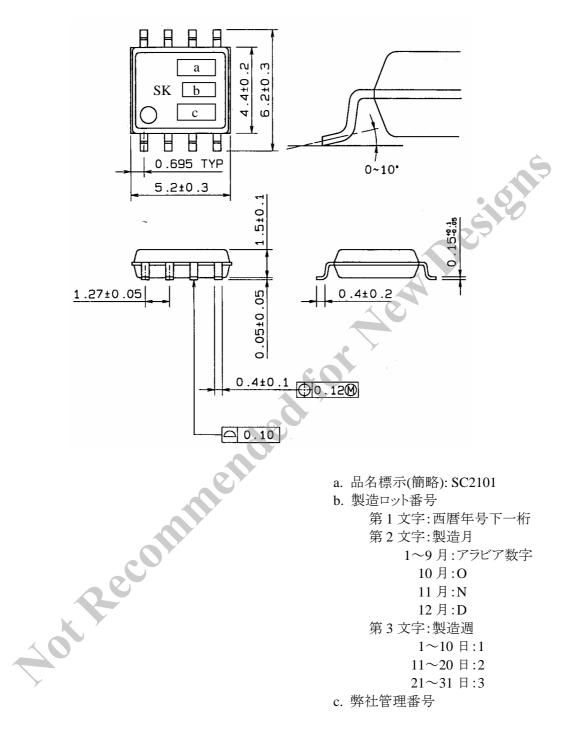
各端子機能

端子番号	端子記号	名称	機能				
1	COMP	エラーアンプ出力端子	エラーアンプ出力/位相補正				
2	VIN	入力電圧検出信号入力端子	入力電圧検出信号入力				
3	VFB	出力電圧制御信号入力端子	出力定電圧制御信号/出力過電圧信号 /出力オープンループ検出信号入力				
4	VCC	電源端子	制御回路電源入力				
5	OUT2	ゲートドライブ出力端子 2	ゲートドライブ出力 2				
6	GND	グランド端子	グランド				
7	OUT1	ゲートドライブ出力端子 1	ゲートドライブ出力 1				
8	IS	電流検出信号入力端子	過電流検出信号入力				



4. 外形図

SOP8 パッケージ



- a. 品名標示(簡略): SC2101
- b. 製造ロット番号

第1文字:西暦年号下一桁

第2文字:製造月

1~9月:アラビア数字

10月:O

11月:N

12月:D

第3文字:製造週

1~10 目:1

11~20 日:2

21~31 目:3

c. 弊社管理番号



5. 電気的特性

5.1 絶対最大定格 特記なき場合の条件 T_a=25℃

項目	端子	記 号	規 格 値	単位	備考					
VCC 端子電圧	4 – 6	V_{CC}	−0.3~+30	A	_					
COMP 端子電圧	1 – 6	V_{COMP}	−0.3~+5.5	A	_					
VFB 端子電圧	3 – 6	V_{FB}	−0.3~+5.5	V	_					
VFB 端子電流	3 – 6	I_{FB}	-1~+1	mA	_					
VIN 端子電圧	2-6	V_{IN}	−0.3~+5.5	V	<u> </u>					
VIN 端子電流	2-6	I_{IN}	-1 ~ +1	mA	_					
IS 端子電圧	8 – 6	V_{IS}	-16.0~+5.5	v	_					
IS 端子電流	8 – 6	I_{IS}	-1.75∼+1	mA	_					
OUT2 端子電圧	5 – 6	V_{DR2}	−0.3~+30	V	_					
OUT1 端子電圧	7 – 6	V_{DR1}	-0.3~+30	V	_					
動作時フレーム温度	I	T_{FOP}	− 40∼+85	°C	_					
保存温度	ı	T _{stg}	-40∼+125	°C	_					
接合温度	-	$T_{\rm j}$	-40~+125	°C	_					
※電流の規定は IC を基準として、シンクが +、ソースが -とします。										



5.2 制御部電気的特性 特記なき場合の条件 T_a=25℃

.2 刑仰部電気的特性 特記なざ場							
項目	端子	記 号	MIN	TYP	MAX	単位	備考
電源起動動作					I		
VCC 端子動作開始電源電圧	4 – 6	V _{CC(ON)}	10.8	11.6	12.4	V	_
VCC 端子動作停止電源電圧	4 – 6	V _{CC(OFF)}	9.8	10.6	11.4	V	—
VCC 端子電圧ヒステリシス	4 – 6	V _{CC(HYS)}	0.8	1.0	1.2	V	_
VCC 端子起動前回路電流	4 – 6	I _{CC(OFF)}	_	40	100	μΑ	_
VCC 端子動作時回路電流	4 – 6	I _{CC(ON)}	_	11.0	15.0	mA	_
VCC 端子出力過電圧時回路電流	4 – 6	$I_{CC(OVP)}$	_	8.0	10.0	mA	_
VCC 端子スタンバイ動作時回路電流	4 – 6	I _{CC(Standby)}	_	100	200	μΑ	_
発振動作							
OUT1 端子最大オン時間	7 – 6	t _{ONMAX}	14	15	16	μs	_
OUT1、OUT2 端子オン時間マッチング	5 – 6 7 – 6	t _{RATIO}	-5	0	5	%	_
OUT1、OUT2 端子位相差	5 – 6 7 – 6	PHASE	170	180	190	deg	_
保護動作		3					
VFB 端子出力オープンループ停止電圧	3-6	$V_{FB(OLDL)}$	0.46	0.50	0.54	V	_
VFB 端子出力オープンループ復帰電圧	3-6	$V_{\rm FB(OLDH)}$	0.64	0.70	0.76	V	_
VFB 端子出力過電圧保護電圧	3-6	$V_{FB(OVP)}$	3.64	3.72	3.80	V	_
VFB 端子出力ソフト過電圧保護電圧	3 – 6	$V_{FB(SOVP)}$	3.60	3.68	3.76	V	<u> </u>
IS 端子過電流保護(Low)電圧	8 – 6	V _{IS(OCPL)}	-0.48	-0.42	-0.36	V	_
IS 端子過電流保護(High)電圧	8 – 6	V _{IS(OCPH)}	-0.62	-0.55	-0.48	V	<u> </u>
COMP 端子保護動作シンク電流	1 – 6	I _{COMP(SK)}	80	100	120	μΑ	_
熱保護動作開始温度	-	T_{jTSDH}	150	_	_	°C	
熱保護動作停止温度	_	T_{jTSDL}	140	_	_	°C	(Not tested)
熱保護動作ヒステリシス	_	$T_{jTSDHYS}$	_	10	_	°C	

[※]電流の規定は IC を基準として、シンクが +、ソースが -とします。



12. 日	項 目 端子 記 号		規	規格値			供
	 	記 万	MIN	TYP	MAX	単位	備考
エラーアンプ動作							
エラーアンプ基準電圧	3 – 6	$V_{FB(REF)}$	3.4	3.5	3.6	V	_
エラーアンプゲイン	_	gm _{EA}	80	100	120	μS	_
エラーアンプ最大ソース電流	1 – 6	I _{COMP(SO)}	-36	-30	-24	μΑ	_
エラーアンプ最大電圧	1 – 6	V _{COMP(MAX)}	4.00	4.12	4.25	V	_
VFB 端子高速負荷芯答動作可能電圧	3 – 6	$V_{FB(HSR)enable}$	3.3	3.4	3.5	V	(Not tested)
VFB 端子高速負荷芯答動作用始電圧	3 – 6	V _{FB(HSR)active}	31.	3.2	3.3	V	_
COMP 端子高速負荷応答動作時 ソース電流	1 – 6	I _{COMP(SOHSR)}	-120	-100	-80	μΑ	_
VFB 端子入力バイアス電流	3 – 6	I _{FB(bias)}	_		1.5	μΑ	_
COMP端子出力オープンループ電圧	1 – 6	V _{COMP(OLD)}	0.7	0.9	1.1	V	_
ドライブ回路			76				
OUT1,OUT2 端子電王(Low)	5 – 6 7 – 6	V _{DR(L)}	\\ \	_	0.3	V	_
OUT1,OUT2 端子電圧(High)	5 – 6 7 – 6	$V_{DR(H)}$	_	10.2	-	V	_
OUT1,OUT2端子立ち上がり時間	5-6 $7-6$	$t_{\rm r}$	I	70	I	ns	_
OUT1,OUT2端子立ち下が時間	5 – 6 7 – 6	t _r	_	35	_	ns	_
OUT1,OUT2端子ピークソース電流	5 – 6 7 – 6	$I_{DR(SO)}$	-	-0.5	-	A	(Not tested)
OUT1,OUT2端子ピークシンク電流	5 – 6 7 – 6	$I_{DR(SK)}$	_	0.5	_	A	(NOL lested)

[※]電流の規定は IC を基準として、シンクが +、ソースが -とします。

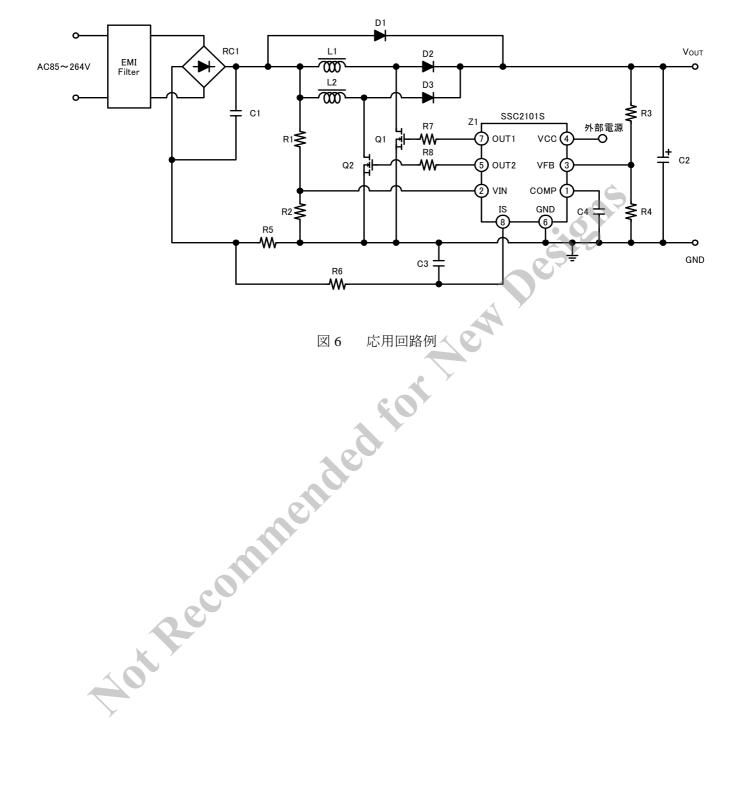
5.3 パッケージ部電気的特性 T_a=25℃

Ī	—	 項	В		端子	 却 旦.	規 格 値		単位	測定条件	
		垻	Ħ		姤 于	記号	MIN	TYP	MAX	半仏	側足未件
	熱抵抗			※ 1	ı	$\theta_{\text{j-F}}$	ı	65	85	°C/W	ジャンケションー フレーム間

^{※1} フレーム温度 T_F は、6番端子(GND)根元の温度にて規定。



6. 応用回路例





7. 電流不連続型インターリーブ方式の動作説明

単相の電流不連続型(**D**iscontinuous Conduction **M**ode)の力率改善回路(**P**ower Factor Correction)は、図 7-1 のように、パワーMOSFET のターン ON 時のドレイン電流がゼロから増加するため、急峻な電流変化がなく、スイッチングノイズが少ない回路方式です。ただし、入出力リップル電流が大きいため、使用できる電力に制限が生じます。

これに対し、図 7-2 に示す、2 相のインターリーブ DCM 方式は、位相差 180°で動作するため、入力リップル電流をキャンセルでき、また出力リップル電流を減少できます。

これにより、単相方式に比べ電流値が小さくなり、スイッチングノイズを更に低減でき、また EMI フィルターのフィルター効果を上げることができるため、入力フィルター周りのサイズを小さくできます。

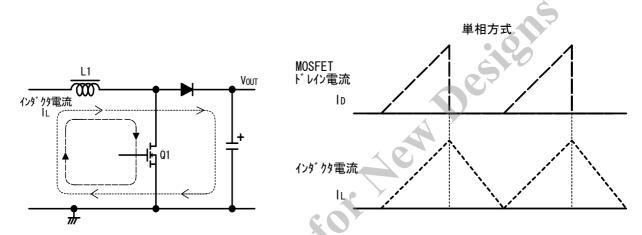


図 7-1 単相方式の DCM 型電流波形

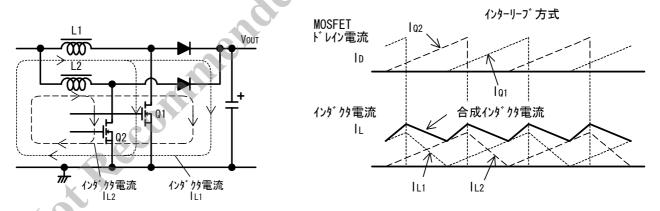


図 7-2 インターリーブ方式の電流波形



8. 動作説明

8.1 起動動作

図 8-1 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。

入力電圧、および VCC 電圧用外部電圧を印加し、VFB 端子電圧が VFB 端子出力オープンループ復帰電圧 $V_{FB(OLDH)}=0.7V(TYP)$ 以上*、および、図 8-2 のように、VCC 端子電圧が動作開始電源電圧 $V_{CC(ON)}=11.6V(TYP)$ に達すると、制御回路が動作を開始します。

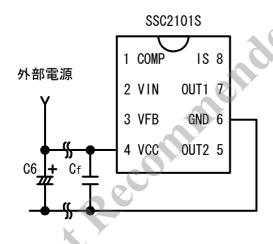
制御回路動作後、動作停止電源電圧 V_{CC(OFF)}= 10.6V(TYP)に低下すると、低入力時動作禁止 UVLO (Undervoltage Lockout) 回路により制御回路は動作を停止し、再び動作開始前の状態に戻ります。

 $%V_{FB(OLDH)}$ = 0.7V(TYP)は、出力電圧 V_{OUT} 設定の約 20%に相当し、入力電圧がこの電圧まで上昇することが起動条件になります。

なお、VCC端子電圧が $V_{CC(OFF)}$ 以上でも、FB端子電圧がVFB端子出力オープンループ停止電圧 $V_{FB(OLDL)}$ = 0.5V(TYP)以下(出力電圧 V_{OUT} 設定の約 14.3%)になると、スイッチング動作を停止し、スタンバイモードになります。

VCC 端子の制御電圧範囲は、 $V_{CC(OFF)}$ = 11.4V(MAX) ~ 最大定格 30V(MAX)と広く、外部電源電圧の許容値を広く設定できます。

IC と図 8-1 の電解コンデンサ C6 との距離が離れている場合は、VCC 端子と GND 端子の近くにフィルムコンデンサ C_f を追加します。 C_f の目安は $0.1\mu F \sim 1\mu F$ 程度になります。





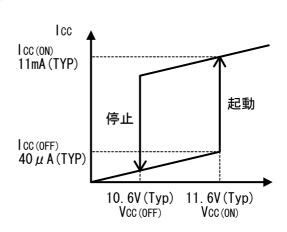


図 8-2 VCC 端子電圧 一回路電流 Icc

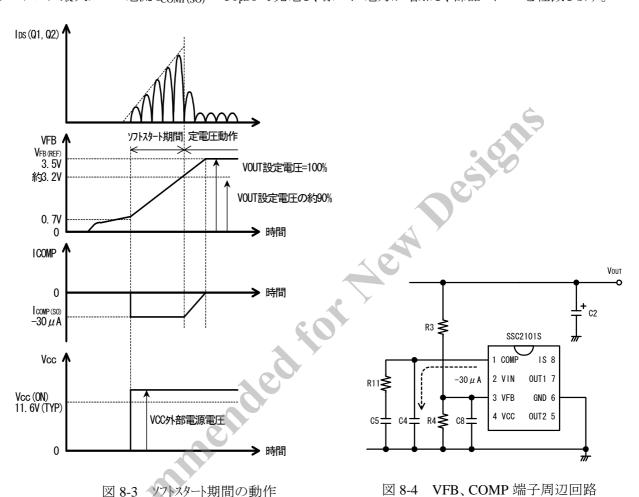


8.2 ソフトスタート機能

入力電圧が、出力電圧 V_{OUT} 設定の約20% ($V_{FB(OLDH)}=0.7V(TYP)$)以上の起動条件を満たし、VCC端子電圧が $V_{CC(ON)}=11.6V(TYP)$ に達すると、ソフトスタート動作で起動を開始します。

図 8-3 にソフトスタート期間の動作を示します。

ソフトスタートは、VFB 端子電圧が約 3.2V、出力電圧 V_{OUT} 設定の約 90%、に達するまで、COMP 端子をエラーアンプ最大ソース電流 $I_{COMP(SO)}=-30\mu A$ で充電し、徐々に電力が増加し、部品ストレスを軽減します。



8.3 電圧制御動作

一般的な単相方式の DCM 型 PFC 回路を、図 8-5 に示す。

PFC 回路は、昇圧用リアクトル L1、スイッチング素子 Q1、整流ダイオード D2、平滑コンデンサ C2 で構成されます。制御回路は、C2 の両端電圧を検出してエラーアンプ出力信号を作り、エラーアンプ出力信号に応じて Q1 を ON します。

Q1 が OFF すると、L1 に蓄えたエネルギーは、D2 を介して C2 へ出力されます。制御回路は、L1 に蓄えたエネルギーの放出を ZCD(Zero Current Detection) 巻線で検出して、Q1 の OFF 期間を検出し、再び Q1 を ON させ、この動作を繰り返します。

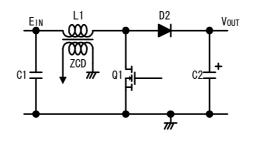


図 8-5 一般的な単相方式の DCM 型 PFC 回路例



これに対し、SSC2101S シリーズは、入力電圧検出信号を VIN 端子、出力電圧検出信号を VFB 端子、位相補正信号を COMP 端子で検出し、IC 内部で、ON 時間 t_{ON} 、OFF 時間 t_{OFF} を作る、電圧モード制御で動作します。このため、インダクタ電流のゼロクロス点を検出する補助巻線 ZCD が不要になり、外付け部品が少なく、シンプルな回路構成が可能です。

昇圧方式の力率改善回路では、ON 時間 t_{ON} は負荷電力に依存し、OFF 時間は、入力電圧 E_{IN} 、出力電圧 V_{OUT} 、ON 時間 t_{ON} より、次式(1)になります。

$$toff > \frac{E_{IN}}{V_{OUT} - E_{IN}} \times ton$$
 ----(1)

COMP 端子電圧 V_{COMP} が 4V の ON 時間 t_{ON} と VIN 端子電圧 V_{IN} の代表特性を、図 8-6 に示します。 最大 ON 時間 $t_{ON(MAX)}$ は VIN 端子電圧 $V_{IN}=0$ V、COMP 端子電圧 $V_{COMP}=4$ V で規定しています。

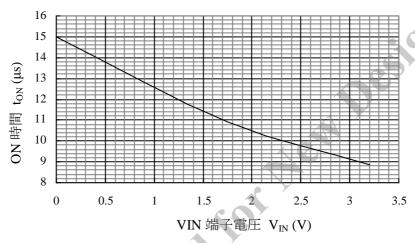


図 8-6 ON 時間とVIN 端子電圧の代表特性

VIN 端子電圧は、入力電圧をモニターし、OFF 時間の演算に用いられます。

図 8-7 の外付け部品 R1、R2 で入力電圧 $E_{\rm IN}$ を抵抗分割して VIN 端子に入力します。

VIN端子電圧とFB端子電圧はIC内部の演算に用いられるため、電圧検出回路のマッチングを取る必要があり、入力電圧検出部のR1、R2、C7の定数は、出力電圧 V_{OUT} 検出部のR3、R4、C8と同一の定数に設定します。

図 8-7 の R1 の目安は、数百 k~数 $M\Omega$ 、誤差 ± 1 %クラスの、酸化金属皮膜抵抗などの耐電蝕性の抵抗になり、C7 は、高周波ノイズ除去向けに、必要に応じて 0.1n~10nF 程度を目安に接続します。

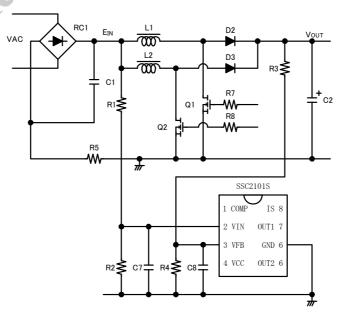


図 8-7 VIN、VFB 端子周辺回路

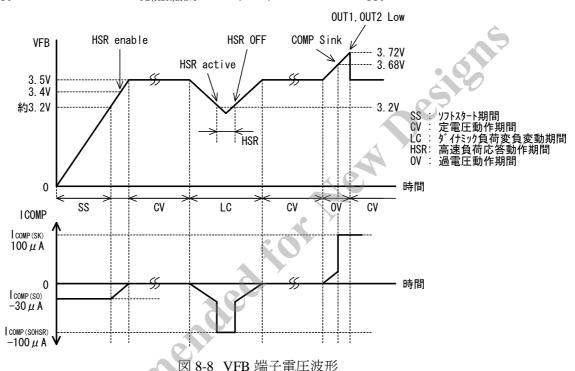


8.4 高速負荷応答機能(HSR)

昇圧方式の PFC は商用周波数の正弦波入力電圧のため、電圧制御は低周波数に応答する系になり、 ダイナミック負荷変動に追従できず、出力電圧 V_{OUT}の低下が生じやすくなります。

ダイナミック負荷変動時などで生じる V_{OUT} 変動を抑えるため、高速負荷応答 (High Speed Response) 機能を内蔵しています。

高速負荷応答機能(HSR)は、図8-8のように、VFB 端子電圧が高速負荷応答動作可能電圧 $V_{FB(HSR)enable}$ = 3.4V(TYP)を超えると動作可能 (enable) になり、その後、ダイナミック負荷応答などで V_{OUT} が低下し、高速負荷応答動作開始電圧 $V_{FB(HSR)active}$ = 3.2V(TYP)以下になると、HSR が動作(active)し、3.2V(TYP)になるまで COMP 端子を高速負荷応答 COMP 端子ソース電流 $I_{COMP(SOHSR)}$ = $-100\mu A(TYP)$ で充電し、出力電力を増加させ、 V_{OUT} の低下を抑えます。 $V_{FB(HSR)active}$ = 3.2V(TYP)は、出力電圧 V_{OUT} 設定の約 91.4%に相当します。



8.5 ゲートドライブ

OUT1 端子、OUT2 端子のピークソース電流/ピークシンク電流は、-0.5A(TYP)/0.5A(TYP)、

Low 電圧/High 電圧は、0.3V(MAX)/10.2V(TYP)に設定され、外付けパワーMOSFET を直接駆動できます。 図 8-9 の R7、R8、R9、R10 は、基板パターン、パワーMOSFET 容量と関係があり、実働状態で調整します。 ゲート抵抗 R7、R8 は、GATE 電圧のリンギング低減や EMI ノイズ低減により調整し、数 Ω ~数十 Ω 程度が目安になります。

R9、R10 は、パワーMOSFET ターン OFF 時の急峻な dV/dt による誤動作防止用で、GATE - SOURCE 近くに接続します、 $10k\sim100k\Omega$ 程度が目安になります。

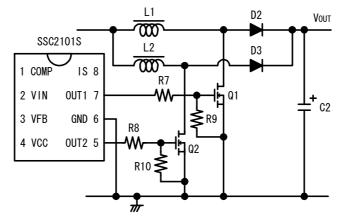


図 8-9 OUT1,OUT2 端子周辺回路



8.6 エラーアンプ位相補正

図 8-10 に COMP 端子周辺回路図を示します。COMP 端子電圧は、IC 内部のエラーアンプ出力端子です。 エラーアンプの出力は電流出力で、COMP 端子と GND 端子間に位相補正回路を接続します。

商用周波数の力率改善動作をさせるため、電圧制御系は、一般に 20Hz 以下の低周波数に応答する系にします。

図 8-10 に示す位相補正定数 C4、C5、R11 の目安は、C4 が 0.047μ ~ 0.47μ F、C5 が 0.47μ ~ 10μ F、R11 が 10k~ $100k\Omega$ 程度になり、実働状態で、出力電圧 V_{OUT} 波形のリップルが低減するように調整します。

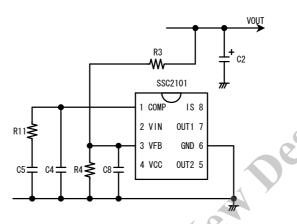


図 8-10 位相補正回路(COMP 端子周辺回路)

8.7 過熱保護機能(TSD)

IC の制御部温度が熱保護動作開始温度 $T_{jTSDH}=150^{\circ}C(MIN)$ に達すると、スイッチング動作を停止し、熱保護動作停止温度 $T_{jTSDL}=140^{\circ}C(MIN)$ に低下すると、スイッチング動作を再開します。

検知温度のヒステリシス T_{jTSDHYS} は、10℃(TYP)になります。



8.8 過電流保護機能(OCP)

L1、L2の各々のインダクタ電流は、図8-11のように、検出抵抗R5で検出し、IS端子へ入力します。

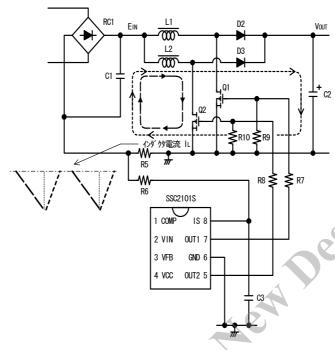


図 8-11 IS, OUT1, OUT2 端子周辺回路

過電流保護動作(OCP)は、以下の2段階があります。

- IS 端子過電流保護(Low) --- V_{IS(OCPL)}
 インダクタ電流 I_L が増加し、IS 端子電圧が、IS 端子過電流保護(Low)電圧 V_{IS(OCPL)}= -0.42V(TYP)
 に達すると、OUT1 端子、OUT2 端子の出力状態に応じて、出力を Low (パワーMOSFET を OFF) にして電流制限をかけます。
 - OUT1端子とOUT2端子の一方がHigh出力状態の場合は、Highになっている出力側をLowにします。
 図8-12は、OUT2端子がLow、OUT1端子がHighのときに、OUT1端子のHigh期間(Q1のON期間)に
 V_{IS(OCPL)}を検出して、OUT1端子の出力をLowにしている動作例です。

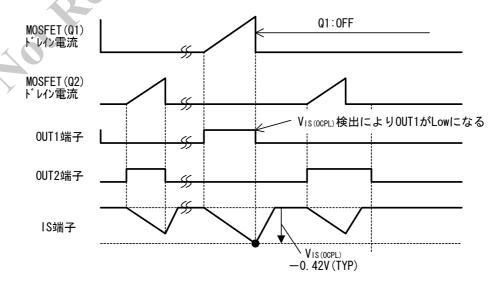
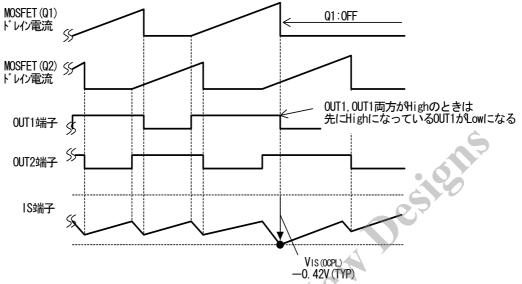


図 8-12 OUT1 端子が High、OUT2 端子が Low のときの V_{IS(OCPL)}動作波形



• OUT1 端子とOUT2 端子の双方が High 出力状態の場合は、先に High 状態にあった出力側のみを Low にします。

図8-13は、OUT1端子、OUT2端子双方がHighの期間(Q1、Q2のON期間)にVISIOCPI)を検出して、 先にHighになっていたOUT1端子の出力をLowにしている動作例です。



OUT1 端子、OUT2 端子双方が High のときの V_{IS(OCPL)}動作波形 図 8-13

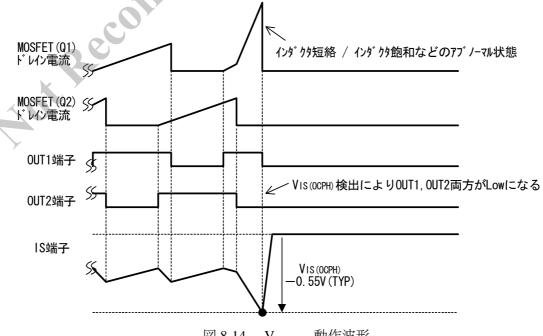
図 8-11 の電流検出抵抗 R5 の定数は、入力電圧の下限、ピーク負荷時に IS 端子が V_{IS(OCPL)}になる ように、実働状態で調整します。

R6 は、突入電流などの過大電流時に IS 端子電流を制限する抵抗で、 100Ω になります。 C3 は、高周波ノイズ除去向けに、必要に応じて 0.1n~1nF 程度を目安に接続します。

② IS 端子過電流保護(High) --- V_{IS(OCPH)}

IS 端子電圧が、IS 端子過電流保護 (High) 電圧 V_{IS(OCPH)}= -0.55V(TYP)に達すると、パルス・バイ・パルス で OUT1 端子と OUT2 端子双方の出力状態を Low にします。

この保護動作は、インダクタ短絡、インダクタ飽和といったアブノーマル状態の回路保護として動作します。



V_{IS(OCPH)}動作波形 図 8-14



8.9 出力過電圧保護機能(OVP)

過電圧保護機能は、以下の2段階があります。

①VFB 端子出力ソフト過電圧保護 --- V_{FB(SOVP)}

図 8-15 の VFB 端子電圧に示すように、過電圧動作期間の VFB 端子電圧が、出力ソフト過電圧保護電圧 $V_{FB(SOVP)}$ = 3.68V(TYP)を超えると、ソフト過電圧保護機能 (SOVP) が動作し、COMP 端子を保護動作時シンク電流 $I_{COMP(SK)}$ = $100\mu A(TYP)$ で放電し、出力電圧を減少させます。

V_{FB(SOVP)}= 3.68V(TYP)は、出力電圧 V_{OUT} 設定の約 105%に相当します。

VFB 端子電圧は、V_{OUT}電圧に比例するため、ソフト出力過電圧保護動作時の出力電圧は次式(2)で概算値が計算できます。

$$V_{OUT(SOVP)} = \frac{$$
通常動作時の出力電圧 $V_{FB(REF)} \times V_{FB(SOVP)} \times V_{FB(REF)}$ ----- (2) ここで、 $V_{FB(REF)}$ は、エラーアンプ基準電圧 3.5V(TYP)。

②VFB 端子出力過電圧保護 --- V_{FB(OVP)}

VFB 端子電圧が、出力過電圧保護電圧 $V_{FB(OVP)}$ = 3.72V(TYP)を超えると、パルス・バイ・パルスで OUT1 端子と OUT2 端子の出力状態を Low にし、出力電力供給を停止します。

出力過電圧検出時の出力電圧は、次式(3)で概算値が計算できます。

$$V_{OUT(OVP)} = \frac{$$
通常動作時の出力電圧 $V_{FB(REF)} \times V_{FB(OVP)}$ ---- (3)

出力過電圧検出後は、OUT1 端子とOUT2 端子の出力状態をLow にするため、出力電圧が低下し、 V_{FB(SOVP)}以下になると、COMP 端子の放電が解除され、スイッチング動作を再開します。

図 8-15 の R3 の目安は、数百 k~数 $M\Omega$ 、誤差 ± 1 % クラスの、酸化金属皮膜抵抗などの耐電蝕性の抵抗になり、C8 は、高周波ノイズ除去向けに、必要に応じて 0.1n~10nF 程度を目安に接続します。

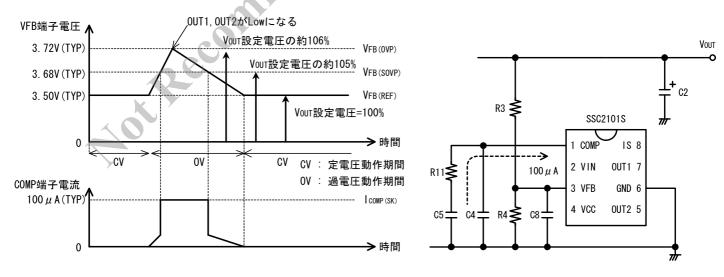


図 8-15 過電圧動作波形



8.10 出力オープンループ検出機能 (OLP)

図 8-16 に VFB 端子周辺回路を示します。

出力電圧検出抵抗 R3 が開放 (オープン)した場合の保護として、VFB 端子電圧が、VFB 端子出力オープンループ停止電圧 $V_{FB(OLDL)}$ = 0.5V(TYP)以下に低下すると、スイッチング動作を停止し、スタンバイモードになります。

V_{FB(OLDL)}= 0.5V(TYP)は、出力電圧 V_{OUT} 設定の約 14.3%に相当します。

スタンバイモードからの復帰は、VFB 端子出力オープンループ復帰電圧 $V_{FB(OLDH)}$ = 0.7V(TYP)以上の電圧が VFB 端子に印加されると、スイッチング動作を再開します。

V_{FB(OLDH)}= 0.7V(TYP)は、出力電圧 V_{OUT} 設定の約 20%に相当します。

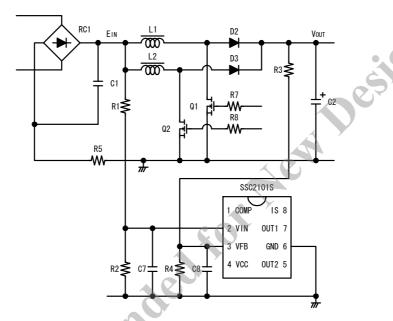


図 8-16 VFB 端子周辺回路

8.11 端子開放保護機能(OTP)

VFB 端子、IS 端子、VIN 端子の端子開放時の保護として、端子開放保護機能を内蔵しています。

• VFB 端子開放保護

VFB 端子はIC 内部でプルアップ電流源に接続されています。VFB 端子開放時は、内部電源レベルに達し、出力過電圧保護(OVP)が動作し、OUT1 端子、OUT2 端子の出力状態を Low にします。

• IS 端子開放保護

IS 端子は IC 内部でプルアップ電流源に接続されています。 IS 端子開放時は、内部電源レベルに達し、 過電流保護(OCP)が動作し、OUT1 端子、OUT2 端子の出力状態を Low にします。

• VIN 端子開放保護

VIN 端子は IC 内部でプルアップ電流源に接続されています。 VIN 端子開放時は、内部電源レベルに達し、IC の動作を制限、または停止します。



9. パラメータの設計

本項の説明では、以下の略号を使用します。

Po:1 相当たりの PFC 出力電力(W)、η: PFC 効率、

ton:ON 時間(sec)、V_{INRMS}:入力電圧実効値(V)、V_{OUT}:PFC 出力電圧(V)、I_{INRMS}:入力電流実効値(A)

設計例は、入力電圧=AC85~264V、インターリーブ出力電力合計= 400W(1 相当たりの出力電力 P_0 = 200W)で算出した例を示します。

①出力電圧 Vourの設定

昇圧コンバータは、入力電圧 < 出力電圧になります。

このため出力電圧 V_{OUT} の設定電圧は、次式(4)に示すように、一般に、商用入力電圧の波高値より 10V 程度高く設定します。

$$V_{\text{OUT}} \ge \sqrt{2} \times V_{\text{INRMS}} + 10(V) \qquad ----- (4)$$

(例) $V_{OUT} \ge \sqrt{2} \times AC264V + 10V = 383(V)$ より、 $V_{OUT} = 390(V)$ に設定

②インダクタ電流

インダクタに流れる電流は三角波状の電流波形で、各インダクタに流れる最大ピーク電流 $I_{LPEAK(MAX)}$ は、以下の手順で求めます。

最大入力電圧 P_{IN(MAX)}は、

出力電力のマージン係数を K_{OM} 、インダクタの飽和マージン係数を K_{LM} とすると、次式になります。

$$P_{IN(MAX)} = \frac{K_{OM} \times K_{LM} \times P_{O}}{\eta} (W) \qquad ---- (5)$$

 η は、パワーMOSFET の $R_{DS(ON)}$ 、整流ダイオードの V_F に依存します、通常、 $0.90\sim0.97$ の範囲になります。

 K_{OM} 、 K_{LM} は設計マージンの設定によりますが、通常、 K_{OM} = 1.2~1.3、 K_{LM} = 1.2~1.3 程度が参考値になります。

$$(\text{FI}) P_{IN(MAX)} = \frac{1.2 \times 1.2 \times 200W}{0.92} = 313(W)$$

 K_{OM} = 1.2、 K_{LM} = 1.2、 η = 0.92 とした場合

1 相当たりのインダクタ最大ピーク電流 I_{LPEAK(MAX)}は、
 入力電圧実効値の下限値を V_{INRMS(MIN)}とすると、次式になります。

$$I_{\text{LPEAK}(\text{MAX})} = \frac{2\sqrt{2} \times P_{\text{IN}(\text{MAX})}}{V_{\text{INRMS}(\text{MIN})}} \qquad ---- (6)$$

(fil)
$$I_{LPEAK(MAX)} = \frac{2\sqrt{2} \times 313W}{AC85V} = 10.4(A)$$



③インダクタンス値

1相当たりのインダクタンス値は、次式になります。

$$L \ge \frac{\sqrt{2} \times V_{\text{INRMS(MIN)}} \times t_{\text{ON(MAX)}}}{I_{\text{LPEAK(MAX)}}}(H) \qquad \qquad ---- (7)$$

ここで、 $t_{ON(MAX)}$ は、図 9-1 の VIN 端子電圧 $V_{IN}(V)$ から、求めます。

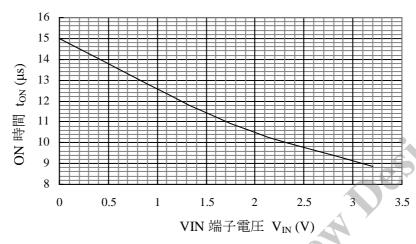


図 9-1 ON 時間と VIN 端子電圧の代表特性

VIN 電圧検出抵抗 R1、R2 の定数は、 出力検出部抵抗 R3、R4 と同一定数に 設定するため、

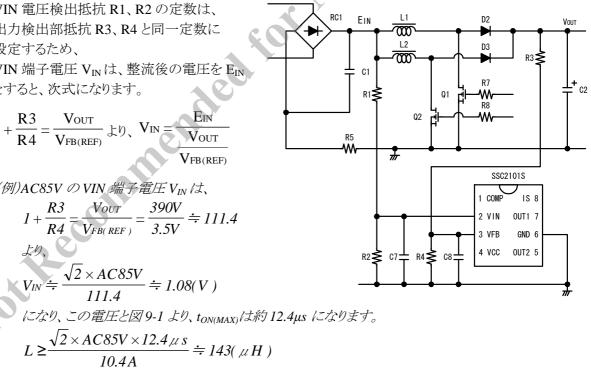
VIN 端子電圧 V_{IN} は、整流後の電圧を E_{IN} とすると、次式になります。

$$1 + \frac{R3}{R4} = \frac{V_{OUT}}{V_{FB(REF)}} \text{ by, } V_{IN} = \frac{E_{IN}}{V_{OUT}}$$

(例)AC85V のVIN 端子電圧V_{IN} は、

$$1 + \frac{R3}{R4} = \frac{V_{OUT}}{V_{FB(REF)}} = \frac{390V}{3.5V} = 111.4$$

$$V_{IN} \doteq \frac{\sqrt{2} \times AC85V}{111.4} \doteq 1.08(V)$$



$$L \ge \frac{\sqrt{2} \times AC85V \times 12.4 \,\mu \,s}{10.4A} \doteq 143(\,\mu H)$$

4インダクタの巻数

インダクタの巻数を N、インダクタコアの有効断面積を $Ae(mm^2)$ 、最大磁束密度 $\angle B_{MAX}(mT)$ とすると、 次式になります。

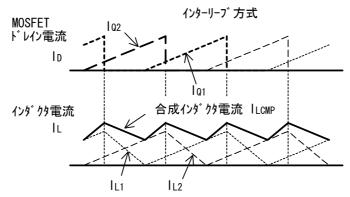
$$N = \frac{\sqrt{2} \times V_{INRMS(MIN)} \times ton(MAX)}{Ae \times B_{MAX}} \times 10^{9} (turns) \quad ---- (8)$$

(例)
$$N = \frac{\sqrt{2} \times AC85V \times 12.4 \mu s}{102mm^2 \times 250mT} \times 10^9 = 58 (turns)$$
 $Ae = 102mm^2$ 、人 $B_{MAX} = 250mT$ とした場合



⑤過電流検出抵抗値 R5

インターリーブ動作する各相のインダクタ電流の合成電流を R5 で検出して過電流動作を行います。 合成電流のピーク値は、デューティー比 D_{ON} により変化するため、インダクタ電流の係数 K_R から合成インダクタ電流 I_{LCMP} を求め、R5 を算出します。



$$Don(MAX) = \frac{V_{OUT} - \sqrt{2} \times V_{INRMS(MIN)}}{V_{OUT}} \qquad ---- (9)$$

 $Don(MAX) \ge 0.5$ より、式(10)から、 K_R を求めます。

• Don(MAX) ≥ 0.5 の場合

$$K_R = 1 + \frac{D_{ON(MAX)} - 0.5}{D_{ON(MAX)}}$$
 ---- (10)
 $(\sqrt{g}I) K_R = 1 + \frac{0.69 - 0.5}{0.69} \doteq 1.28$

• Don(MAX) < 0.5 の場合

$$K_R = 1 + \frac{0.5 - D_{ON(MAX)}}{1 - D_{ON(MAX)}}$$
 ---- (11)

以上より、合成インダクタ電流 I_{LCMP(MAX)}は、次式になります。

$$I_{LCMP(MAX)} = K_R \times I_{LPEAK(MAX)}'$$
 ---- (12)

ここで、I_{LPEAK(MAX)}'は、次式より求めます。

$$I_{LPEAK(MAX)}' = \frac{2\sqrt{2} \times Kom \times Po}{\eta \times V_{INRMS(MIN)}}$$

(例)
$$I_{LPEAK(MAX)}' = \frac{2\sqrt{2} \times 1.2 \times 200W}{0.92 \times AC85V} \rightleftharpoons 8.7(A)$$
 ゆえに、 $I_{LCMP(MAX)} = 1.28 \times 8.7A \rightleftharpoons 11.1(A)$

R5は、次式より求めます。

$$R5 \le \frac{|V_{IS(OCPL)}|}{I_{LCMP(MAX)}}(\Omega) \qquad ---- (13)$$

$$(\text{FI}) \ R5 \leq \frac{\mid -0.42 V(TYP) \mid}{11.1 A} (\Omega) \stackrel{.}{=} 0.038 (\Omega)$$



10. 設計上の注意点

10.1 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。回路記号は、図10-2を参照。

- ●電解コンデンサ C2 はリップル電流・電圧・温度上昇に対し、適宜、余裕を設けます。 また、スイッチング電源用の High-Ripple タイプ、低インピーダンスタイプの部品を使用します。
- ●インダクタ L1、L2 は銅損・鉄損による温度上昇に対し、適宜、余裕を設けます。
- ●電流検出用抵抗 R5 は、高周波スイッチング電流が流れるので、内部インダクタンスの大きなものを使用すると、誤動作の原因になります。内部インダクタンスが小さく、かつ、サージ耐量の大きなものを使用します。
- 高圧が印加される高抵抗は、酸化金属皮膜抵抗などの耐電蝕性の抵抗を使用します。
- ●D1 は、突入電流などの過大電流に対し、D2、D3 を保護するバイパス用ダイオードで、サージ電流耐量の高いダイオードを推奨します。
- ●D2、D3 は、ノイズ、損失低減のため、逆回復時間 trの短い超高速ダイオードを推奨します。
- ●PFC 向けバイパス用、整流用ダイオードの弊社ラインナップについては弊社営業へお問合せください。

10.2 パターン設計

パターン配線および実装条件によって、

誤動作・ノイズ・損失などに大きな影響が現れるので、配線の引回し、部品配置には十分な注意が必要です。

一般的に、図 10-1 のように高周波電流が ループを作る部分は、ラインパターンを"太く"、 部品間の配線を"短く"、ループ内面積が極力 小さくなるようにし、ラインインピーダンスを 下げたパターン設計を行います。

また、アースラインは輻射ノイズにも大きな 影響があるので、極力"太く"、"短く"配線しま す。

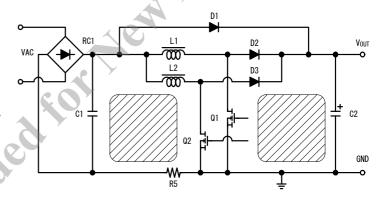


図 10-1 高周波電流ループ

スイッチング電源は、高周波、高電圧の電流経路が存在するので、安全規格面を考慮した部品配置、パターン距離が必要です。

なお、MOSFET の ON 抵抗 R_{DS(ON)}は、正の温度係数のため、熱設計に注意します。

図 10-2 に参考接続例を示します。

- ●信号系グランドパターンと主回路のグランドパターンは、分離し、共通インピーダンスを極力低減するように接続します。
- ●信号系パターンは、クロストークノイズを拾わないように、できるだけ主回路パターンに対し平行配線を 避けて配線します。
- ●GND 端子は、R5 の根元からできるだけ短く配線し、R6 パターンも同様に R5 の根元から専用パターンで配線します。
- ●IC の周辺部品は、できるだけ短いパターンで IC に接続します。
- •VCC 端子と C6 が離れている場合は、VCC 端子と GND 端子間に C_f (フィルムコンデンサ $0.1\mu F\sim 1.0\mu F$ 程度 /50V) を追加します。
- ●R9 は Q1 の GATE 端子と SOURCE 端子の近くに接続します。
- ●R10 は Q2 の GATE 端子と SOURCE 端子の近くに接続します。

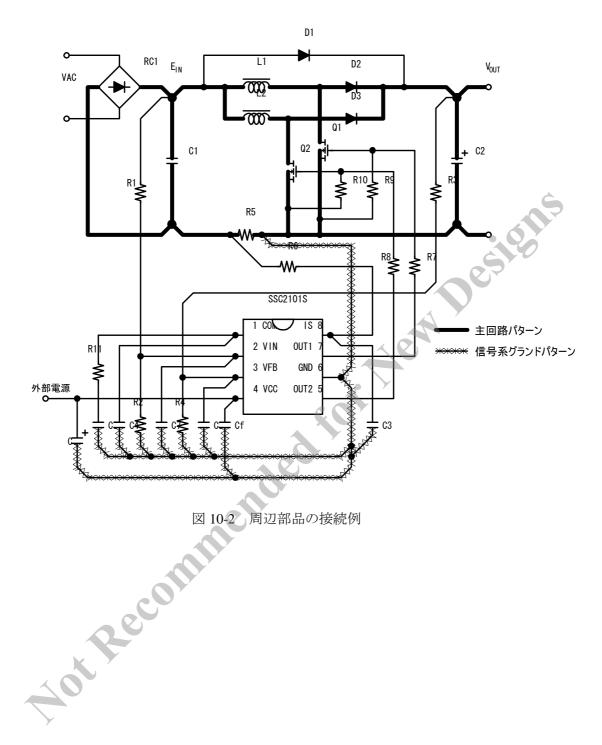


図 10-2 周辺部品の接続例