

SSC9512**アプリケーションノート Rev.1.3**

Not Recommended for New Designs

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. 動作説明	10
7.1 共振回路動作	10
7.2 起動動作	11
7.3 ソフトスタート機能	12
7.4 定電圧制御動作	12
7.5 デッドタイム自動検出機能	13
7.6 ラッチ回路	16
7.7 外部ラッチ機能	16
7.8 ブラウンイン/ブラウンアウト機能	16
7.9 過電圧保護(OVP)	17
7.10 過負荷保護(OLP)	17
7.11 過電流保護(OCP)	18
7.12 電流共振外れ検出機能	19
8. 設計上の注意点	21
ご注意書き	23

1. 概要

SSC9512 は、ハイサイドパワーMOSFET ドライブ用のフローティング・ドライブ回路を内蔵した電流共振型 (SMZ*方式) 電源用制御 IC です。

* SMZ = Soft-switched Multi-resonant Zero Current switch、
すべてのスイッチング領域がソフトスイッチ動作。

様々な電源仕様に対して、デッドタイム自動調整機能や共振外れ検出機能など、充実した保護機能により、構成部品の少ないコストパフォーマンスの高い、小型・高効率・低ノイズ電源システムを容易に構成することができます。

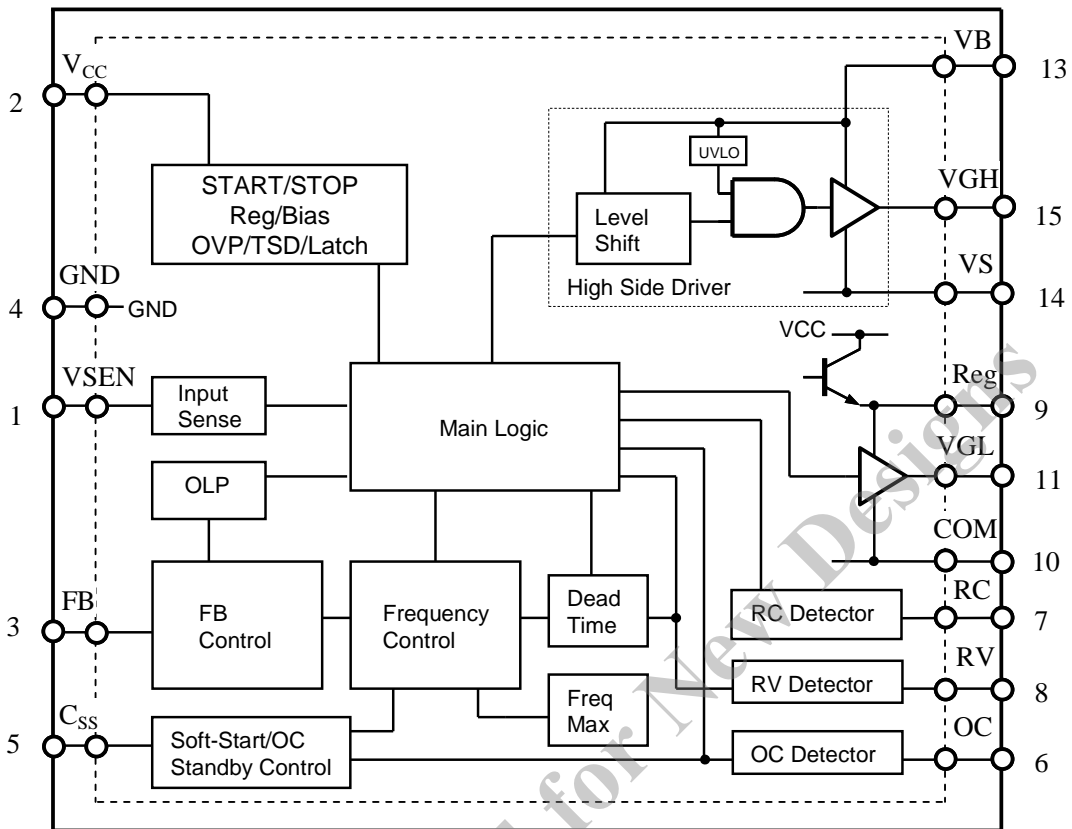
2. 特長

特長と利点

- DIP16 パッケージ
- ハイサイドパワーMOSFETドライブ用のフローティング・ドライブ回路内蔵
- ソフトスタート機能内蔵 (電源起動時、パワーMOSFET のストレス軽減、および共振外れの防止)
- パルス・バイ・パルスによる電流共振外れ検出機能 (トランスの利用効率の向上 (最もエネルギーが高くなる共振周波数域の使用が可能)、およびパワーMOSFET のストレス軽減)
- デッドタイム自動調整機能 (最適なデッドタイムに自動調整、電源仕様毎のデッドタイムの調整が不要)
- 保護機能
 - ブラウンイン/ブラウンアウト機能 ----- 低入力電圧時の過入力電流や過熱の防止
 - 外部ラッチ機能 ----- 外部信号を加えると、強制的に、ラッチオフ*
 - 過電流保護 (OCP) ----- 過電流状態に応じて、3段階の保護動作
 - 過負荷保護 (OVP) ----- ラッチオフ*
 - 過電圧保護 (OLP) ----- ラッチオフ*
 - 過熱保護 (TSD) ----- ラッチオフ*

*ラッチオフ・・・ラッチオフは、発振停止を継続して保護を行う動作

3. ブロック図と各端子機能
ブロック図

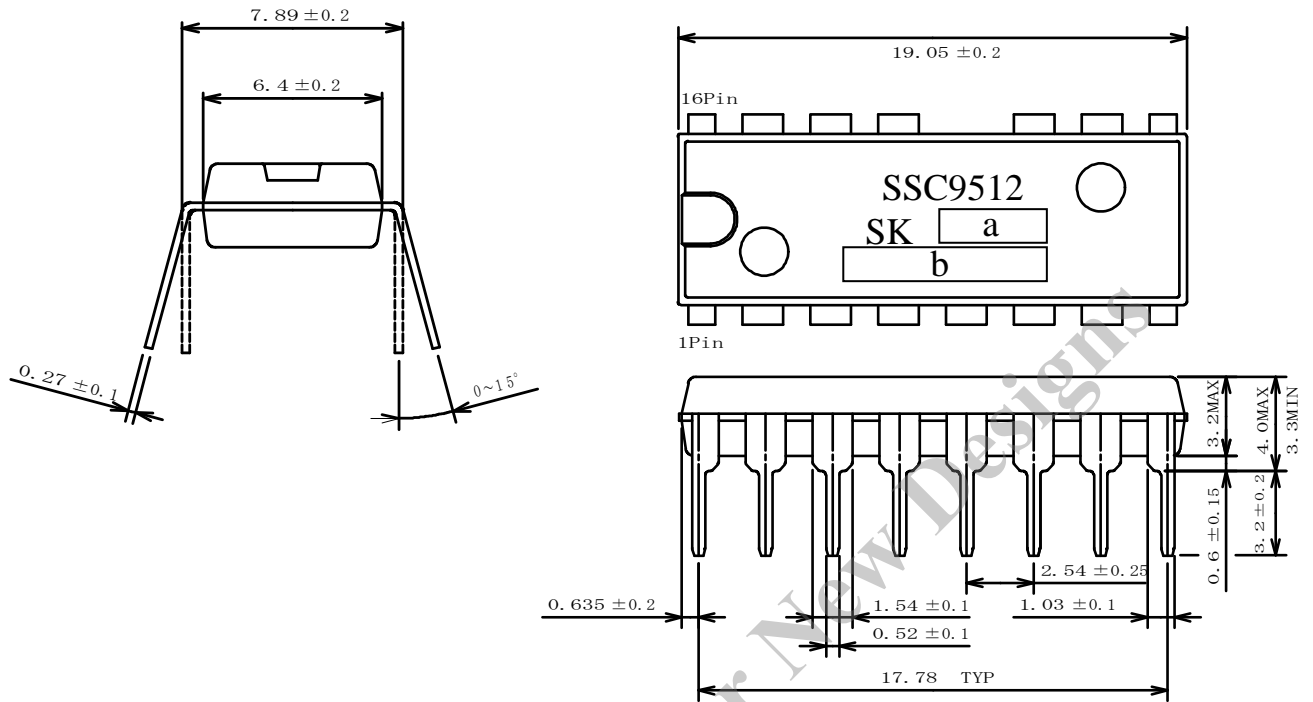


各端子機能

端子番号	端子名	機能
1	VSEN	入力 (AC ライン) 電圧検出端子
2	V _{CC}	制御部電源端子
3	FB	定電圧制御 / 過負荷検出端子
4	GND	制御部グランド
5	C _{SS}	ソフトスタート用コンデンサ接続端子
6	OC	過電流検出端子
7	RC	共振電流検出端子
8	RV	電圧共振検出端子
9	Reg	ゲートドライブ回路用電源入力
10	COM	パワー部グランド
11	VGL	ローサイドゲートドライブ
12, 16	(NC)	—
13	VB	ハイサイドゲートドライブ電源入力
14	VS	ハイサイドドライブフローティンググランド
15	VGH	ハイサイドゲートドライブ

4. 外形図

- DIP16 パッケージ



単位: mm

製品重量: 約 1.0g

端子材質: Cu

端子の処理: 半田メッキ

a: ロット番号 YMR

第1文字: 西暦年号下一行

第2文字: 月

1~9月: アラビア数字

10月: O

11月: N

12月: D

第3文字: 弊社管理番号

b: 製造日(2桁) + 弊社管理番号

5. 電気的特性

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。

5.1 絶対最大定格 特記なき場合の条件 $T_a=25^{\circ}\text{C}$

項目	端子	記号	規格値	単位	備考
V S E N 端子電圧	1-4	V_{SEN}	$-0.3 \sim V_{REG}$	V	
制御部電源電圧	2-4	V_{CC}	$-0.3 \sim +35$	V	
F B 端子電圧	3-4	V_{FB}	$-0.3 \sim +10$	V	
C s s 端子電圧	5-4	$V_{C_{SS}}$	$-0.3 \sim +12$	V	
R C 端子電圧	7-4	V_{RC}	$-6 \sim +6$	V	
R V 端子電流	8-4	I_{RV}	$-2 \sim +2$	mA	DC
			$-100 \sim +100$	mA	パルス 40ns
O C 端子電圧	6-4	V_{OC}	$-6 \sim +6$	V	
V G L 端子電圧	11-4	V_{GL}	$-0.3 \sim V_{REG} + 0.3$	V	
R e g 端子流出電流	9-4	I_{REG}	-20.0	mA	
V B - V S 端子間電圧	13-14	$V_B - V_S$	$-0.3 \sim +15.0$	V	
V S 端子電圧	14-4	V_S	$-1 \sim +600$	V	
V G H 端子電圧	15-4	V_{GH}	$V_S - 0.3 \sim V_B + 0.3$	V	
動作周囲温度	—	T_{OP}	$-20 \sim +85$	$^{\circ}\text{C}$	
保存温度	—	T_{stg}	$-40 \sim +125$	$^{\circ}\text{C}$	
ジャンクション温度	—	T_j	+150	$^{\circ}\text{C}$	

※この製品の 13、14、15 番端子のサージ耐量(ヒューマンボディモデル)は、1000V 保証、その他の端子は 2000V 保証。

5.2 制御部電気的特性 特記なき場合の条件 $T_a=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{CC}=15\text{V}$

項目	端子	記号	規格値			単位	備考	
			MIN	TYP	MAX			
スタート回路 / 回路電流								
動作開始電源電圧	2-4	$V_{CC(ON)}$	10.2	11.8	13.0	V	$V_{CC(OFF)} < V_{CC(ON)}$	
動作停止電源電圧	2-4	$V_{CC(OFF)}$	8.8	9.8	10.9	V		
動作時回路電流	2-4	$I_{CC(ON)}$	—	—	20.0	mA		
非動作時回路電流	2-4	$I_{CC(OFF)}$	—	—	1.2	mA	$V_{CC}=9\text{V}$	
ラッチ動作時回路電流	2-4	$I_{CC(L)}$	—	—	1.2	mA	$V_{CC}=11\text{V}$	
OLP ラッチ / 外部ラッチ								
FB 端子流出電流	3-4	I_{FB}	-30.5	-25.5	-20.5	μA		
FB 端子しきい値電圧	3-4	V_{FB}	6.55	7.05	7.55	V		
C_{SS} 端子しきい値電圧(1)	5-4	$V_{C_{SS}(1)}$	7.0	7.8	8.6	V		
ラッチ解除 V_{CC} 電圧	2-4	$V_{CC(La.off)}$	6.7	8.2	9.5	V	$V_{CC(La.off)} < V_{CC(OFF)}$	
発振器								
最低周波数	11-10 15-14	$F_{(MIN)}$	26.2	28.3	31.2	kHz		
最高周波数	11-10 15-14	$F_{(MAX)}$	265	300	335	kHz		
最大デットタイム	11-10 15-14	$t_{d(MAX)}$	1.90	2.45	3.00	μs		
最小デットタイム	11-10 15-14	$t_{d(MIN)}$	0.25	0.50	0.75	μs		
コントロール								
バースト開始 FB 端子電流	3-4	$I_{CONT(1)}$	-2.9	-2.5	-2.1	mA		
発振出力停止 FB 端子電流	3-4	$I_{CONT(2)}$	-3.7	-3.1	-2.5	mA		
ソフトスタート								
C_{SS} 端子チャージ電流	5-4	$I_{C_{SS}(C)}$	-0.21	-0.18	-0.15	mA		
C_{SS} 端子リセット電流	5-4	$I_{C_{SS}(R)}$	1.0	1.8	2.4	mA	$V_{CC}=9\text{V}$	
過電圧保護 / 過熱保護								
OVP 動作 V_{CC} 電圧	2-4	V_{OVP}	28.0	31.0	34.0	V		
熱保護動作温度	—	$T_{j(TSD)}$	150	—	—	$^{\circ}\text{C}$		
電流共振検出 / 過電流保護								
電流共振外れ検出電圧	7-4	V_{RC}	± 0.055	± 0.155	± 0.255	V		
RC 端子しきい値電圧(Hi speed)	7-4	$V_{RC(S)}$	± 2.15	± 2.35	± 2.55	V		
OC 端子しきい値電圧(Low)	6-4	$V_{OC(L)}$	1.42	1.52	1.62	V		
OC 端子しきい値電圧(High)	6-4	$V_{OC(H)}$	1.69	1.83	1.97	V		
OC 端子しきい値電圧(Hi speed)	6-4	$V_{OC(S)}$	2.15	2.35	2.55	V		
C_{SS} 端子シンク電流	5-4	$I_{C_{SS}}$	(L)	1.0	1.8	2.4	mA	
			(H)	12.0	20.0	28.0		
			(S)	11.0	18.3	25.0		

項目	端子	記号	規格値			単位	備考
			MIN	TYP	MAX		
電圧共振検出							
電圧共振検出端子電圧(1)	8-4	$V_{RV(1)}$	3.8	4.9	5.4	V	
電圧共振検出端子電圧(2)	8-4	$V_{RV(2)}$	1.20	1.77	2.30	V	
スタンバイ							
バースト周波数	5-4	$f_{C_{SS}}$	70	105	130	Hz	
ON/OFF							
C_{SS} 端子しきい値電圧(2)	5-4	$V_{C_{SS}(2)}$	0.50	0.59	0.68	V	
入力電圧検出機能							
VSEN 端子しきい値電圧(ON)	1-4	$V_{SEN(ON)}$	1.26	1.42	1.57	V	
VSEN 端子しきい値電圧(OFF)	1-4	$V_{SEN(OFF)}$	1.06	1.16	1.26	V	
ドライバ電源							
ドライバ電源電圧	9-4	V_{REG}	9.9	10.5	11.1	V	
ハイサイドドライバ							
ハイサイドドライバ動作開始電圧	13-14	$V_{BUV(ON)}$	6.3	7.3	8.3	V	
ハイサイドドライバ動作停止電圧	13-14	$V_{BUV(OFF)}$	5.5	6.4	7.2	V	
ドライブ回路							
出力ソース電流	11-10 15-14	IGL_{SOURCE} IGH_{SOURCE}	45	78	110	mA	$V_{REG}=12V$ $V_B=12V$ $V_{GL}=10.5V$ $V_{GH}=10.5V$
出力シンク電流	11-10 15-14	IGL_{SINK} IGH_{SINK}	-150	-107	-65	mA	$V_{REG}=12V$ $V_B=12V$ $V_{GL}=1.5V$ $V_{GH}=1.5V$

5.3 熱抵抗

項目	記号	規格値			単位	備考
		MIN	TYP	MAX		
MIC ジャンクション—エア間	θ_{j-a}	—	—	120	°C/W	

6. 応用回路例

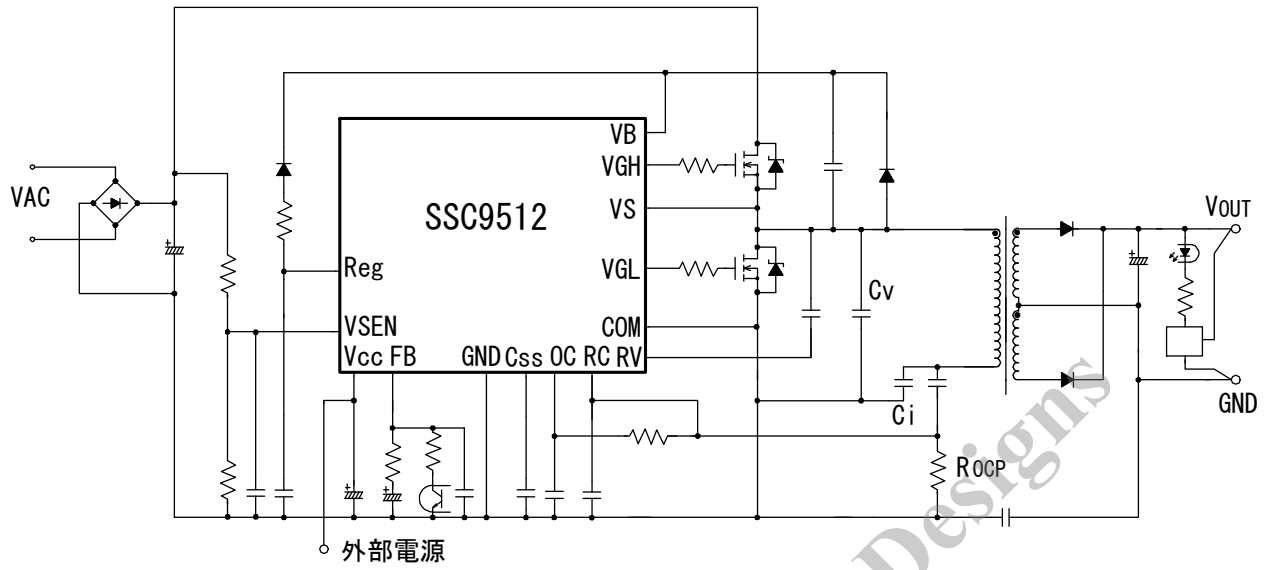


図 6 応用回路例

7. 動作説明

電流値の極性は、IC を基準として、シンクが +、ソースが - で示します。

7.1 共振回路動作

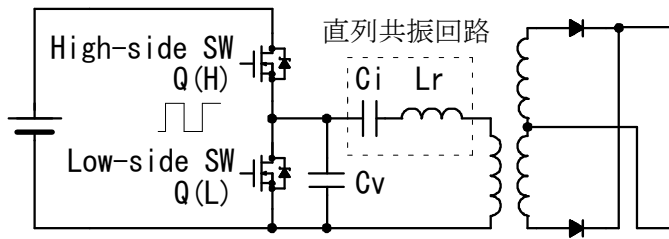


図 7-1 電流共振電源原理図

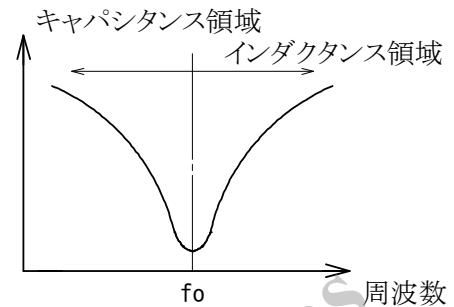


図 7-2 共振回路のインピーダンス

図 7-1 に電流共振電源の原理図を示します、ここで、Q(H)を High-side SW、Q(L)を Low-side SW、Ci を電流共振コンデンサ、Cv を電圧共振コンデンサと呼びます。

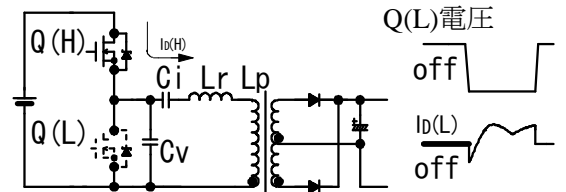
周波数を変化させると、直列共振回路のインピーダンスは、図 7-2 のように変化します。インピーダンスは、共振周波数 f_0 を中心として、高い周波数がインダクタンス領域、低い周波数がキャパシタンス領域になります。

本共振電源のソフトスイッチングは、インダクタンス領域を利用します。

定常動作時における各タイミングの Low-side SW の電流波形を図 7-3 の太線部に示します。

①期間の動作

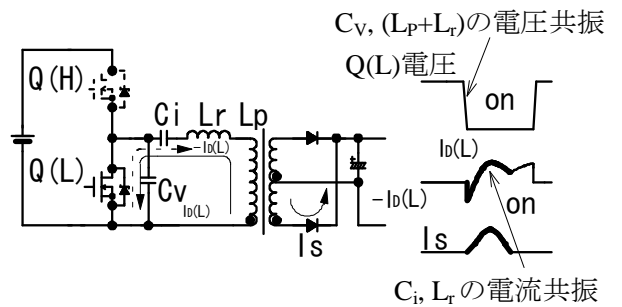
Q(H)がオン時、共振回路とトランスを通して電流 $I_D(H)$ が流れ、直列共振回路にエネルギーを蓄えます。



①期間

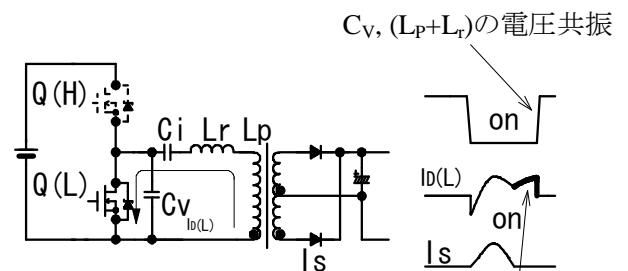
②期間の動作

Q(H)がターンオフすると、直列共振回路に蓄えられたエネルギーにより、 $-I_D(L)$ が流れ、Cv を放電します。Cv 電圧が Q(L) のボディダイオードの順方向電圧 V_F まで下がると、 $-I_D(L)$ はこのボディダイオードを流れ、Q(L) 電圧はこの V_F でクランプされます。その後、Q(L) がターンオンすると、Q(L) は ZVS (Zero Voltage Switching)、ZCS (Zero Current Switching) 動作を行います。



②期間

トランス1次巻線に Ci の電圧が加わり、トランスを介して2次側にエネルギーが伝達され、それと同時に Ci はエネルギーを放電していきます。Ci の電圧が減少し、2次側ダイオードがオンするだけの電圧を、トランスの1次側巻線が維持できなくなった時点で2次側へのエネルギー伝達が終わります。



③期間

③期間の動作

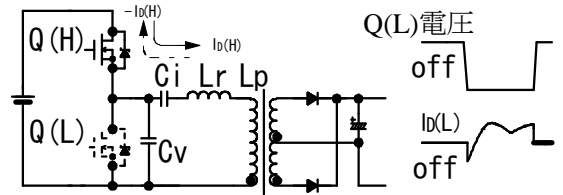
さらに $I_D(L)$ 電流が流れ、Ci の放電も続きます。

図 7-3-1 共振回路の動作

④期間の動作

Q(L)がターンオフすると、共振回路に蓄えたエネルギーにより、 $-I_D(H)$ が流れ、 C_v を充電します。 C_v 電圧が入力電圧に達すると、 $-I_D(H)$ がこのボディダイオードに流れ、Q(H)電圧はこの V_F でクランプされます。

その後、Q(H)がターンオンすると、Q(H)はZVS(Zero Voltage Switching)、ZCS(Zero Current Switching)動作を行います。トランス1次側巻線に C_i 電圧が加わり、トランスを介して2次側にエネルギーを伝達し、それと同時に C_i はエネルギーを放電していきます。 C_i 電圧が減少し、2次側ダイオードがオンするだけの電圧を、トランスの1次側巻線が維持できなくなった時点で2次側のエネルギー伝達が終わります。



④期間

図 7-3-2 共振回路の動作

以上の動作を繰り返し、ZVS、ZCS動作により、2次側へエネルギーを伝達します。

7.2 起動動作

V_{CC} 端子は、制御部電源端子で、外部電源から電圧を供給します(図 7-4)。

V_{CC} 端子は、図 7-4 のように、 $V_{CC(ON)} = 11.8V(TYP)$ に達すると、制御回路が動作を開始し、 $V_{CC(OFF)} = 9.8V(TYP)$ を下回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。

起動時のスイッチング動作は、 V_{SEN} 端子電圧が $V_{SEN(ON)} = 1.42V(TYP)$ 以上、 V_{CC} 端子電圧が $V_{CC(ON)} = 11.8V(TYP)$ 以上、 C_{SS} 端子電圧が $V_{CSS(2)} = 0.59V(TYP)$ 以上を満たすと開始します。

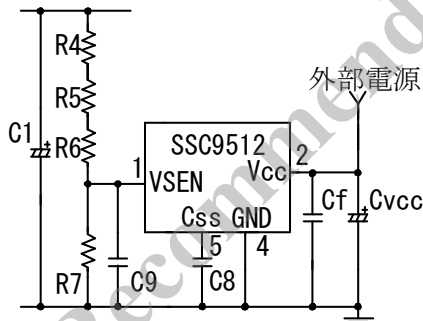


図 7-4 V_{CC} 周辺回路

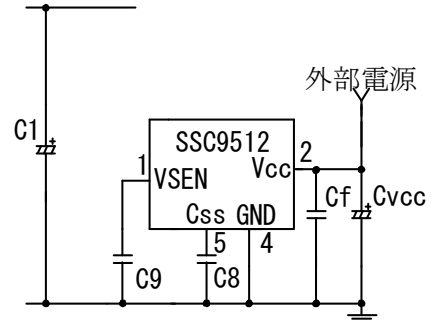


図 7-6 ブラウンイン/ブラウンアウト機能を使用しない場合

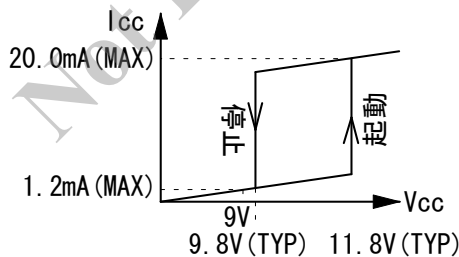


図 7-5 回路電流

入力電圧供給後、本 IC を用いた電源回路の ON/OFF 供給を外部電源供給の有無で行う場合、外部電源供給後、 $V_{CC(ON)} = 11.8V(TYP)$ に達してからスイッチング動作開始までの時間は、

- 図 7-4 の回路は、次式(1)の概算値 t_{ST1} になります。

$$t_{st1} = C8 \times V_{CSS(2)} / I_{CSS(C)} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 $V_{CSS(2)} = 0.59V(TYP)$ 、 $I_{CSS(C)} = -0.18mA(TYP)$

$C8 = 1\mu F$ の場合は、約 3.3ms になります。

- 図 7-6 の回路は、 $V_{CC(ON)} = 11.8V(TYP)$ 後、内部回路により、VSEN 端子電圧が $V_{SEN(ON)} = 1.42V(TYP)$ まで上昇する時間、次式(2)の概算値 t_{ST2} が、加算されます。ブラウンイン/ブラウンアウト機能を使用しない場合は、“7.8 ブラウンイン/ブラウンアウト機能”項を参照。

$$t_{st2} = C9 \times 380 k \quad \text{----- (2)}$$

$C8 = 1\mu F$, $C9 = 0.01\mu F$ の場合は、 $t_{ST1} =$ 約 3.3ms、 $t_{ST2} =$ 約 3.8ms より、約 7.1ms になります。

7.3 ソフトスタート機能

発振器の周波数は、 C_{SS} 端子電圧によって変化します。

起動時は、 C_{SS} 端子に接続した $C8$ を $I_{CSS(C)} = -0.18mA(TYP)$ で充電し、 C_{SS} 端子電圧が徐々に増加するにしたがって、スイッチング周波数は最高周波数 $F_{(MAX)} = 300kHz(TYP)$ から低くなります。これにより出力電力が増加するソフトスタート動作を行い、部品ストレス、共振外れを抑えます。

V_{CC} 端子電圧が $V_{CC(OFF)} = 9.8V(TYP)$ 以下、VSEN 端子電圧が $V_{SEN(OFF)} = 1.16V(TYP)$ 以下、および外部ラッチ機能、OVP ラッチ、OLP ラッチ、TSD ラッチが動作した場合、 $C8$ に充電した電荷は、 $I_{CSS(R)} = 1.8mA(TYP)$ で放電します。

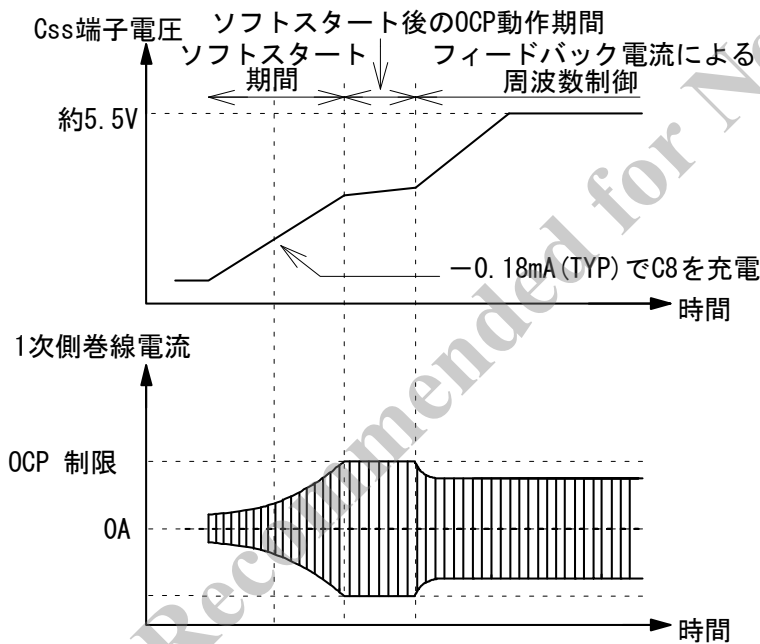
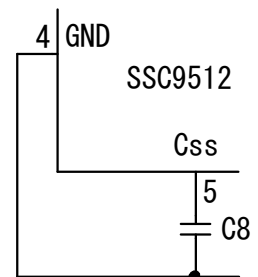


図 7-7 C_{SS} 動作図



7.4 定電圧制御動作

FB 端子に接続したフォトカプラにより、FB 端子からフィードバック電流を引き抜いて、周波数制御による定電圧制御を行います(制御はインダクタンス領域)。

微小負荷時、フィードバック電流が $I_{CONT(1)} = -2.5mA(TYP)$ 以下になると、バースト発振動作になり、スイッチング周波数の上昇による損失増加や 2 次側出力電圧の上昇を抑制します。

フォトカプラの 2 次側発光部の設計は、CTR などの経年変化を考慮し、制御に必要な発振出力停止 FB 電流 $I_{CONT(2)} = -3.7mA(MIN)$ 以下を引き抜けるように設定します。

図 7-8 中、 $R2$ の推奨定数は 560Ω になります。

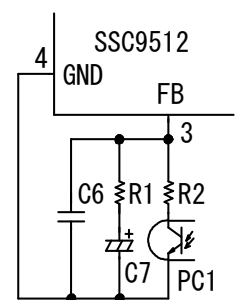


図 7-8 FB 端子周辺回路

7.5 デッドタイム自動検出機能

各電源仕様に合せて調整していたデッドタイムを自動調整する機能です。

Low-Side パワーMOSFET の V_{DS} 波形の dv/dt を検出して、High-Side/Low-Side パワーMOSFET の ZVS(Zero Voltage Switching)動作を自動的に制御します。

図 7-9 のように、IC 内部で検出回路を構成しています、外付け部品は高圧セラミックコンデンサ C_{rv} (合成容量 5pF 程度)を VS 端子と RV 端子の間に接続するだけの非常に簡単な構成になります。

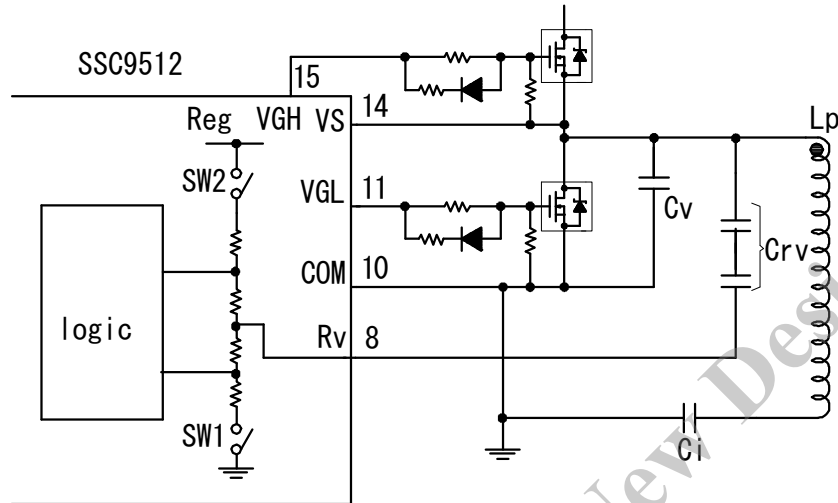


図 7-9 RV 端子周辺回路

デッドタイム検出回路は、IC 内部の基準電圧と GND 間の電圧を抵抗分割した RV 端子へ、Low-Side パワー MOSFET の V_{DS} 波形の dv/dt が C_{rv} を通って流れる微分電流を入力し、Low-Side パワーMOSFET の dv/dt を検出します。また、検出に必要な期間のみ、SW1 と SW2 をオンして、回路電流の低減と、微分回路の応答特性を両立させています。

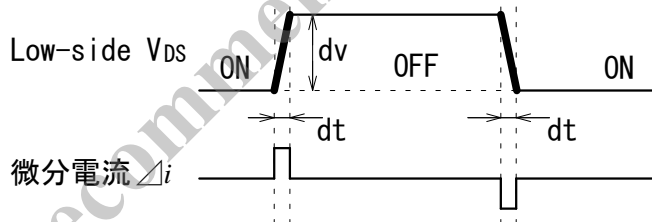


図 7-10 微分電流

微分電流 Δi は、次式(3)になります。

$$\Delta i = C_{rv} \times (dv/dt) \quad \text{----- (3)}$$

電源の過渡状態を含めた dv/dt の急峻波形と C_{rv} より求めた微分電流 Δi が、次式(4)の電流を超える場合は、 C_{rv} 容量を小さくします。なお、 dt 幅 40ns 以下になる場合は、 $\pm 100\text{mA}$ になります。

$$|\Delta i| \leq \frac{100\text{mA} \times 40\text{ns}}{dt} \quad \text{----- (4)}$$

図 7-11 は、デッドタイム自動調整機能の動作波形を模式的に表した図です。

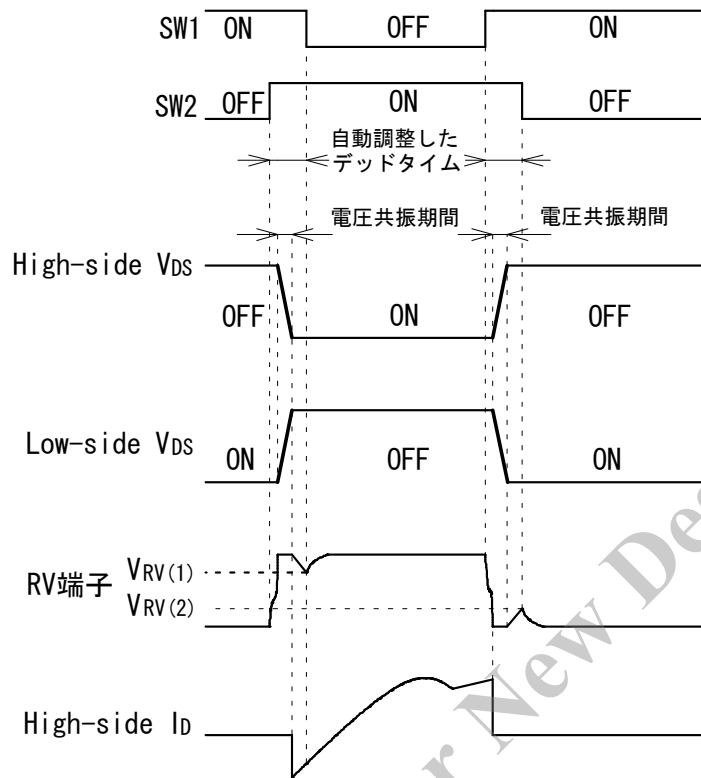


図 7-11 デッドタイム自動調整機能動作波形

● Low-side パワーMOSFET ターンオフ時の電圧共振期間

Low-side パワーMOSFET がターンオフすると、図 7-9 の SW1 をオンに維持したまま、SW2 をオンにします。共振電流は C_v 、 C_i 、 L_p を流れ、電圧共振コンデンサ C_v の電圧は 0V から上昇して、“入力電圧 + High-side パワーMOSFET のボディーダイオードの V_F ” 以上になると、High-side パワーMOSFET のボディーダイオードを流れ、Low-side パワーMOSFET の V_{DS} をクランプします。この期間が電圧共振期間になります。

Low-Side パワーMOSFET の V_{DS} 波形の dv/dt が C_{rv} を通って流れる微分電流を RV 端子に入力すると、RV 端子電圧は、IC 内部で抵抗分割した電圧から上昇し、IC 内部でクランプします。

電圧共振が終了し、微分電流がなくなると、RV 端子電圧は IC 内部で抵抗分割した電圧に戻ります。

このとき、IC は、電圧共振検出電圧(1) $V_{RV(1)}$ で電圧共振期間の終了を検出し、High-side パワーMOSFET をオン、SW1 をオフにします。この期間が自動調整したデッドタイムになります。

● High-side パワーMOSFET ターンオフ時の電圧共振期間

High-side パワーMOSFET がターンオフすると、SW2 をオンに維持したまま、SW1 をオンにします。

共振電流は C_v 、 C_i 、 L_p を流れ、電圧共振コンデンサ C_v の電圧は入力電圧から下降して、“Low-side パワーMOSFET のボディーダイオードの $-V_F$ ” 以下になると、Low-Side パワーMOSFET のボディーダイオードを流れ、High-side パワーMOSFET の V_{DS} をクランプします。この期間が電圧共振期間になります。

Low-Side パワーMOSFET の V_{DS} 波形の dv/dt が C_{rv} を通って流れる微分電流を RV 端子に入力すると、RV 端子電圧は、IC 内部で抵抗分割した電圧から下降し、ほぼ IC 内の GND 電位にクランプします。

電圧共振が終了し微分電流がなくなると、RV 端子電圧は IC 内部で抵抗分割した電圧に戻ります。

このとき、IC は、電圧共振検出電圧(2) $V_{RV(2)}$ で電圧共振期間の終了を検出し、Low-Side パワーMOSFET をオン、SW2 をオフにします。この期間が自動調整したデッドタイムになります。

電圧共振期間よりデッドタイム期間が短い場合は、図 7-12 のように、電圧共振期間の途中でパワー MOSFET が ターンオン、ターンオフするため、スイッチング損失が増大します。

電圧共振期間は、入力電圧、出力電力などにより変化するため、電源仕様に合せて周辺回路の調整が必要でしたが、デッドタイム自動調整機能は、RV 端子に $V_{RV(1)}$ 、 $V_{RV(2)}$ シキイ値に達する信号を入力すると、常に ZVS (Zero Voltage Switching) 動作を行ないます。

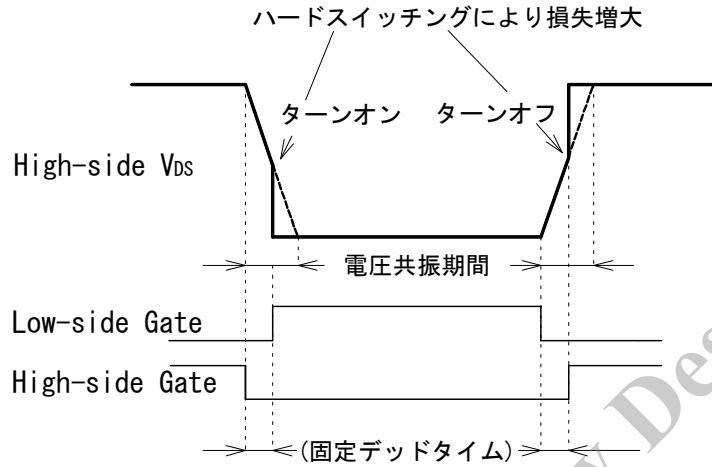


図 7-12 ZVS 不具合波形

図 7-13 のように、ドレイン電流のマイナス振れ込み期間(ボディーダイオードに流れている期間)が、 $1\mu s$ 以上あれば、ZCS (Zero Current Switching) 動作を行います。

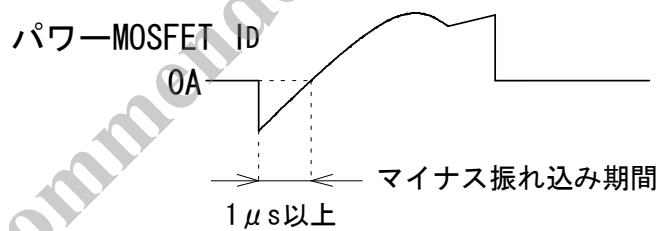


図 7-13 ZCS 確認箇所

7.6 ラッチ回路

外部ラッチ機能、過電圧保護(OVP)、過負荷保護(OLP)、過熱保護(TSD)の各動作時に、スイッチング動作を停止させ、停止状態を保持します(ラッチオフ)。

ラッチは、 V_{CC} 端子電圧を $V_{CC(La. off)} = 8.2V(TYP)$ 以下にすると解除します。

7.7 外部ラッチ機能

アブノーマル時の保護動作として、外部回路により C_{SS} 端子電圧を、 C_{SS} 端子しきい値電圧(1) $V_{CSS(1)} = 7.8V(TYP)$ 以上印加すると、外部ラッチ機能が動作し、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。

過電流動作時はシンク電流が流れるので、これ以上の電流を供給しないと電圧上昇しないため、外部回路は $100\mu A$ 以上流せる設定にします

C_{SS} 端子は絶対最大定格 $12V$ 以内にします(図 7-14 のように、 $10V$ ツェナー接続し、電圧クランプするなど)。

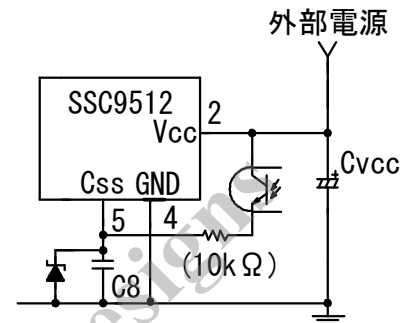


図 7-14 外部ラッチ回路例

7.8 ブラウンイン/ブラウンアウト機能

ブラウンイン/ブラウンアウト機能は、低入力電圧時にスイッチング動作を停止し、過入力電流や過熱の防止を行います。

ブラウンイン/ブラウンアウト機能を使用しない場合は、図 7-15 の $R4$ 、 $R5$ 、 $R6$ 、 $R7$ を削除します、 $C9$ は誤動作防止用に $0.01\mu F$ 程度になります。

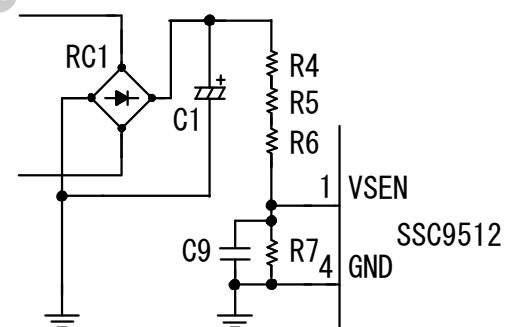


図 7-15 VSEN 端子周辺回路

ブラウンイン/ブラウンアウト機能は、 $R4 \sim R7$ で検出電圧を設定し、 V_{SEN} 端子電圧が、

- V_{SEN} 端子しきい値電圧(ON) $V_{SEN(ON)} = 1.42V(TYP)$ 以上で、IC は起動し、
- V_{SEN} 端子しきい値電圧(OFF) $V_{SEN(OFF)} = 1.16V(TYP)$ 以下で、IC はスイッチング動作を停止します。

IC 起動時の DC 入力電圧を $E_{IN(ON)}$ 、停止時の DC 入力電圧を $E_{IN(OFF)}$ とすると、次式(5)が成立ちます。

$$R4 + R5 + R6 \doteq \frac{E_{IN(ON)} - V_{SEN(ON)}}{V_{SEN(ON)}} \times R7$$

$$E_{IN(OFF)} \doteq \frac{V_{SEN(OFF)}}{V_{SEN(ON)}} \times E_{IN(ON)} \quad \text{----- (5)}$$

$C9$ は検出電圧のリプル電圧低減と遅延時間の役割があり、目安は、 $0.1\mu F$ 程度になります。

高圧が印加する $R4 \sim R6$ は、酸化金属皮膜抵抗など、耐電蝕性の抵抗器を使用します。

$R4 \sim R7$ 、 $C9$ は、最終的に実働動作を確認して決定します。

7.9 過電圧保護(OVP)

V_{CC} 端子とGND 端子間に、OVP 動作 V_{CC} 電圧 V_{OVP}= 28.0V(MIN)以上の電圧が印加すると、過電圧保護機能が動作し、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。

印加電圧は、絶対最大定格 35V 以内にします。

7.10 過負荷保護(OLP)

過負荷保護状態(過電流動作によりドレイン電流を制限している状態)が、ある一定時間(遅延時間)続くと、スイッチング周波数が上昇し、出力電力を制限して、パワー-MOSFET、および 2 次側整流ダイオードなどの部品ストレスを軽減します。

過負荷状態になると、出力電圧が低下するため、2 次側のエラーアンプがカットオフして、フィードバック電流 I_{FB} が流れなくなります。フィードバック電流がなくなると、FB 端子から FB 端子流出電流 I_{FB}= -25.5μA (TYP) が流れ、図 7-16 の C7 を充電して、FB 端子電圧が FB 端子しきい値電圧 V_{FB}= 7.05V(TYP)に達すると、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。

この期間が遅延時間になり、概算値は次式(6)になります。

$$t_{DLY} \doteq \frac{(4.05V - R1 \times 25.5 \mu A) \times C7}{25.5 \mu A} \quad \text{-----(6)}$$

R1= 47kΩ、C7= 4.7μF の場合は、約 0.5sec になります。

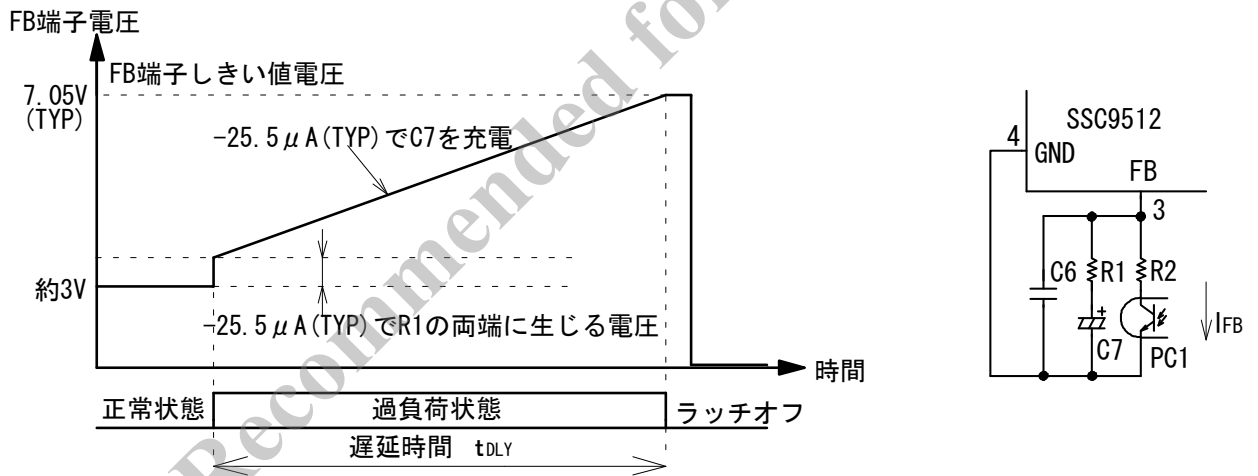


図 7-16 OLP 動作

7.11 過電流保護 (OCP)

過電流保護回路 (OCP) は、パワー MOSFET のドレイン電流値をパルス・バイ・パルス方式により検出して、電力を制限します。

図 7-17 の OC 端子周辺回路は、分流コンデンサ C12 を電流共振コンデンサ Ci に比べ小さく設定できるので、検出電流が小さくなり、検出抵抗 R_{OCP} の損失低減、小形抵抗の使用ができます。

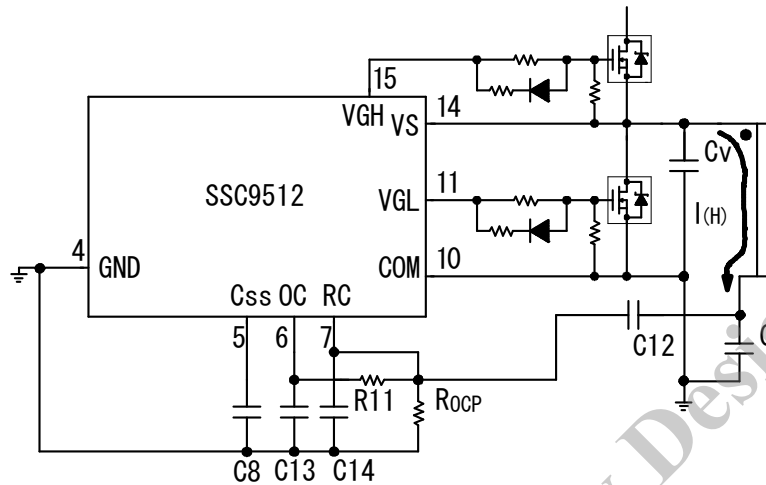


図 7-17 OC 端子周辺回路

共振電源は、入出力条件などから正確な共振電流の大きさを求める簡便な方法がないため、R_{OCP}、R11、C12、C13 は、実働状態で調整する必要があります。R_{OCP} は、High-side パワー MOSFET のオン時の電流を I_(H) とすると、OC 端子しきい値電圧 (Low) V_{OC(L)} と C12、Ci との関係は、次式 (7) になります。

$$R_{OCP} \doteq \frac{V_{OC(L)}}{I_{(H)} \times \frac{C12}{C12 + C_i}} \quad \text{----- (7)}$$

R_{OCP} の検出電圧は、“7.12 電流共振外れ検出機能”項で述べる電流共振外れ検出にも使うため、過電流検出と電流共振外れ検出双方で R_{OCP}、C12 を調整します。

R_{OCP} が 100Ω 前後になるように C12 を調整します。C12 の目安は、通常、Ci の 1/100 程度です。フィルタ部の R11 は 470Ω 程度、C13 は 680pF 程度になります。

過電流保護動作は、以下の 3 段階があります。

① OC 端子しきい値電圧 (Low) : V_{OC(L)}

最初に働く過電流保護です。OC 端子電圧が OC 端子しきい値電圧 (Low) V_{OC(L)} = 1.52V (TYP) を超えると、C_{SS} 端子に接続した C8 を C_{SS} 端子シンク電流 I_{CSS(L)} = 1.8mA (TYP) で放電し、スイッチング周波数が上昇して出力電力を抑えます。

C8 を放電中に OC 端子電圧が V_{OC(L)} 以下になると、放電を停止します。

② OC 端子しきい値電圧 (High) : V_{OC(H)}

2 番目に働く過電流保護です。OC 端子電圧が V_{OC(H)} = 1.83V (TYP) を超えると、C8 を I_{CSS(H)} = 20mA (TYP) で放電し、スイッチング周波数が上昇します。I_{CSS(H)} は I_{CSS(L)} の約 11 倍のため、急速にスイッチング周波数が上昇して出力電力を抑えます。

C8 を放電中に OC 端子電圧が V_{OC(H)} 以下になると、前項①の動作になります。

③ OC 端子しきい値電圧 (Hi speed) : V_{OC(S)}

3 番目に働く過電流保護です。OC 端子電圧が V_{OC(S)} = 2.35V (TYP) を超えると、パワー MOSFET のオン/オフを反転、および C8 を I_{CSS(S)} = 18.3mA (TYP) で放電し、スイッチング周波数が上昇して出力電力を抑える高速過電流保護動作になります。出力短絡などの急激な過電流時の保護として動作します。

出力電力を抑え、V_{OC(S)} 以下になると、前項①、②の動作になります。

7.12 電流共振外れ検出機能

定電圧制御は出力電力が増加するとスイッチング周波数が下がる周波数制御のため、共振回路のインピーダンスがキャパシタンス領域に入ると定電圧制御が行えなくなります、およびハードスイッチング動作により損失の大幅な増加や、パワーMOSFET のストレスが増加します。

このような動作を電流共振外れと呼びます。

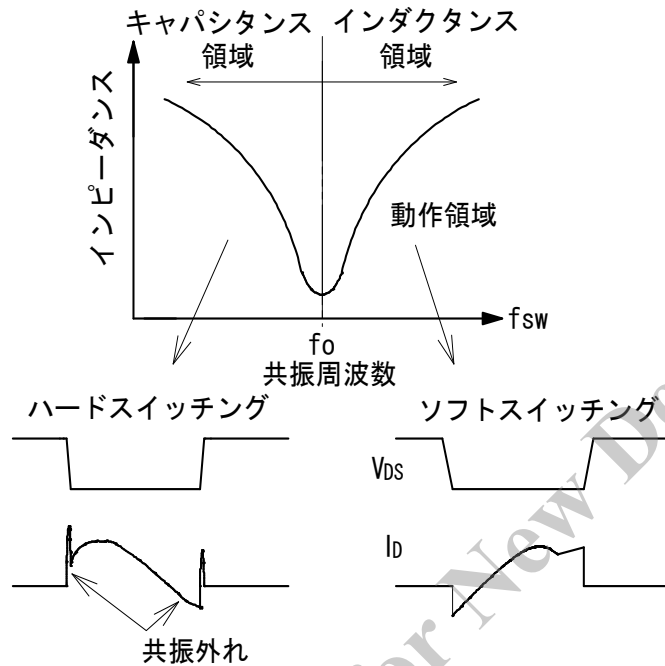


図 7-18 電流共振外れ

本 IC は、この電流共振外れを防止するため、電流共振外れ検出機能があります。この機能は、電流共振外れ防止とともに、共振トランスを最も電力が取り出せる共振周波数 f_0 で使用できるため、トランスの利用効率を向上でき、および電源仕様毎に最小発振周波数を共振周波数 f_0 以上に調整する必要がないため、設計自由度を向上できます。

電流共振外れ検出機能の動作は、

- High-side パワーMOSFET がオンしている期間に、
RC 端子電圧が、電流共振外れ検出電圧 $V_{RC} = +0.155V(TYP)$ に対し、プラス側からマイナス側の電圧の向きでしきい値を越えると、電流共振外れと判断(図 7-19 のキャパシタンス領域の RC 端子電圧波形を参照)して、High-side パワーMOSFET をオフ、Low-side パワーMOSFET をオンにします。
- Low-side パワーMOSFET がオンしている期間に、
High-side パワーMOSFET とは逆に、 $V_{RC} = -0.155V(TYP)$ に対し、マイナス側からプラス側の電圧の向きでしきい値を超えると、電流共振外れと判断して、Low-side パワーMOSFET をオフ、High-side パワーMOSFET をオンにします。

以上の動作により、電流共振外れをパルス・バイ・パルスで検出して、動作周波数が電流共振外れ周波数と同期し、共振外れの発生を抑えます。

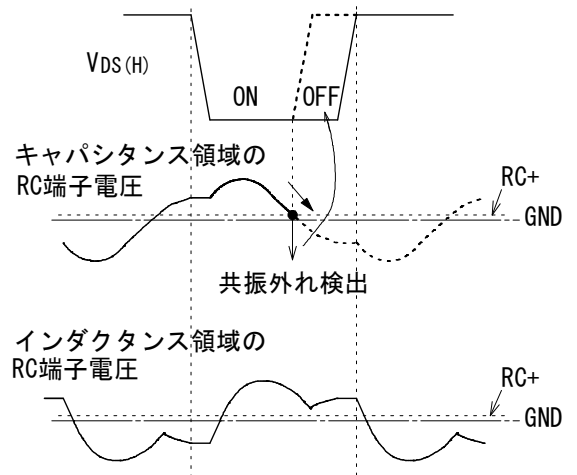


図 7-19 High-side 側電流共振外れ検出

電流共振外れ検出は、検出スピードを上げるため、図 7-20 のように、RC 端子を OC 端子のフィルタ部の前段に接続します。ノイズによる誤動作防止用に C14(100pF 程度)を接続します。

R_{OC} 、C12 は、“7.11 過電流保護(OCP)”項で述べる調整に加え、下記の動作で、電流共振外れ検出電圧 $V_{RC} = \pm 0.155V(TYP)$ に達するように R_{OC} を調整します。

電流共振外れが生じやすい、起動、入力電源オフ、出力短絡、ダイナミック負荷急変などの動作波形で確認します。

RC 端子は、絶対最大定格 $\pm 6V$ 以内に調整します。

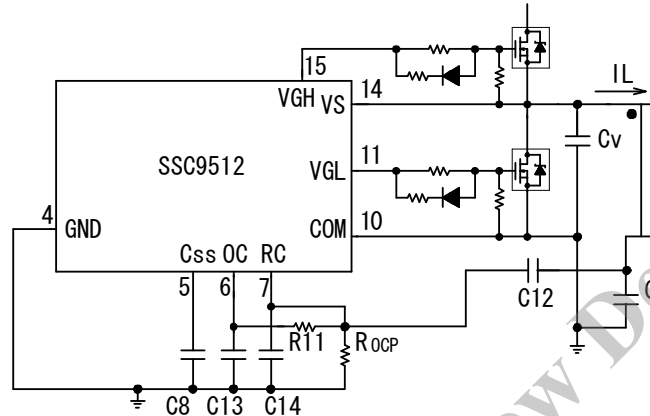


図 7-20 RC 端子周辺回路

RC 端子は、OC 端子の OC 端子しきい値電圧 (Hi speed) と同様に、RC 端子しきい値電圧 (Hi speed) $V_{RC(S)}$ を設けています。

RC 端子電圧が、RC 端子しきい値電圧 (Hi speed) $V_{RC(S)} = \pm 2.35V(TYP)$ を越えると、過電流状態と判断して、パワー-MOSFET のオン/オフを反転する、高速過電流保護動作になります。

高速過電流保護動作は、“7.11 過電流保護 (OCP) ③OC 端子しきい値電圧 (Hi speed)”項を参照。

8. 設計上の注意点

8.1 ブートストラップ周辺回路

Reg 端子は、High-side パワーMOSFETをドライブするためのブートストラップ回路用レギュレータ電圧出力です。D2、R9、C11によりReg端子とVS端子の間にブートストラップ回路を構成します。

C11がショートしたときのアブノーマル対策として、VB端子とVS端子間電圧が、ハイサイドドライバ動作停止電圧 $V_{BUV(OFF)} = 6.4V(TYP)$ 以下になると、ハイサイドドライバの動作を停止します。

D2は、リカバリタイム、漏れ電流の少ない超高速ダイオードを使用します。

弊社ダイオードでは、超高速整流ダイオード(UFRD)、入力電圧がAC265V上限時は $V_{rm} = 600V$ のAG01Aを推奨いたします。

C11は、低ESR、漏れ電流が少ないフィルムコンデンサ、またはセラミックコンデンサを使用します。

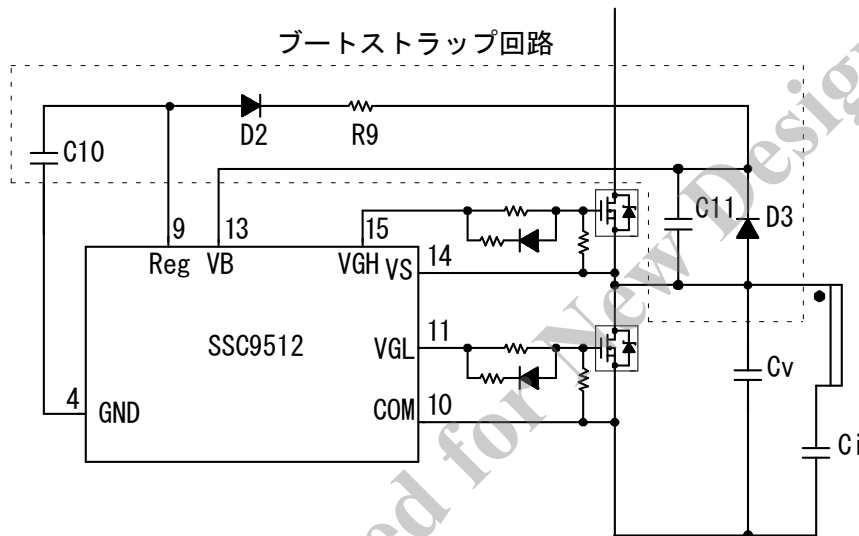


図 8-1 ブートストラップ回路

8.2 ゲート端子周辺回路

VGH 端子、VGL 端子は、外付けパワーMOSFETのゲートドライブ端子で、ソース電流ピークは $0.475A(TYP)$ 、シンク電流ピークは $0.65A(TYP)$ です。

図 8-2 の R12、R13、D4 は、パワーMOSFETの損失、ゲート波形(配線パターンによるリングング低減など)、EMI ノイズにより調整します。

R14 は、パワーMOSFET ターンオフ時の急峻な dv/dt による誤動作防止用で、 $10k \sim 100k \Omega$ 程度をパワーMOSFETの Gate-Source 近くに接続します。

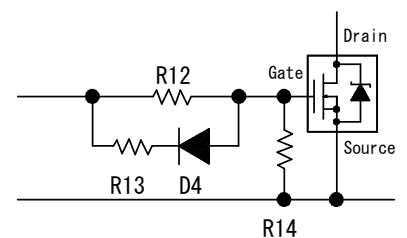


図 8-2 MOSFET ゲート周辺回路

8.3 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。

- 入力、出力の平滑用電解コンデンサは、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の部品を使用します。
- トランス類は銅損・鉄損による温度上昇に対し、適宜、マージンを設けます。
- 電流検出用抵抗 R_{OC} 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。
- 電流共振用のフィルムコンデンサ C_i には、大きな共振電流が流れます。電流共振コンデンサ C_i は損失が少ない大電流用のポリプロピレンフィルムコンデンサなどを使用します。

8.4 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ます、このため配線の引回し、部品配置には十分な注意が必要です。

図 8-3 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て、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大きな影響を与えるため、極力“太く”、“短く”配線します。

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。パワー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。

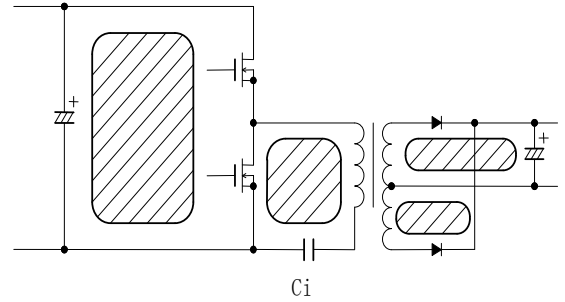


図 8-3 高周波電流ループ

(斜線部分)

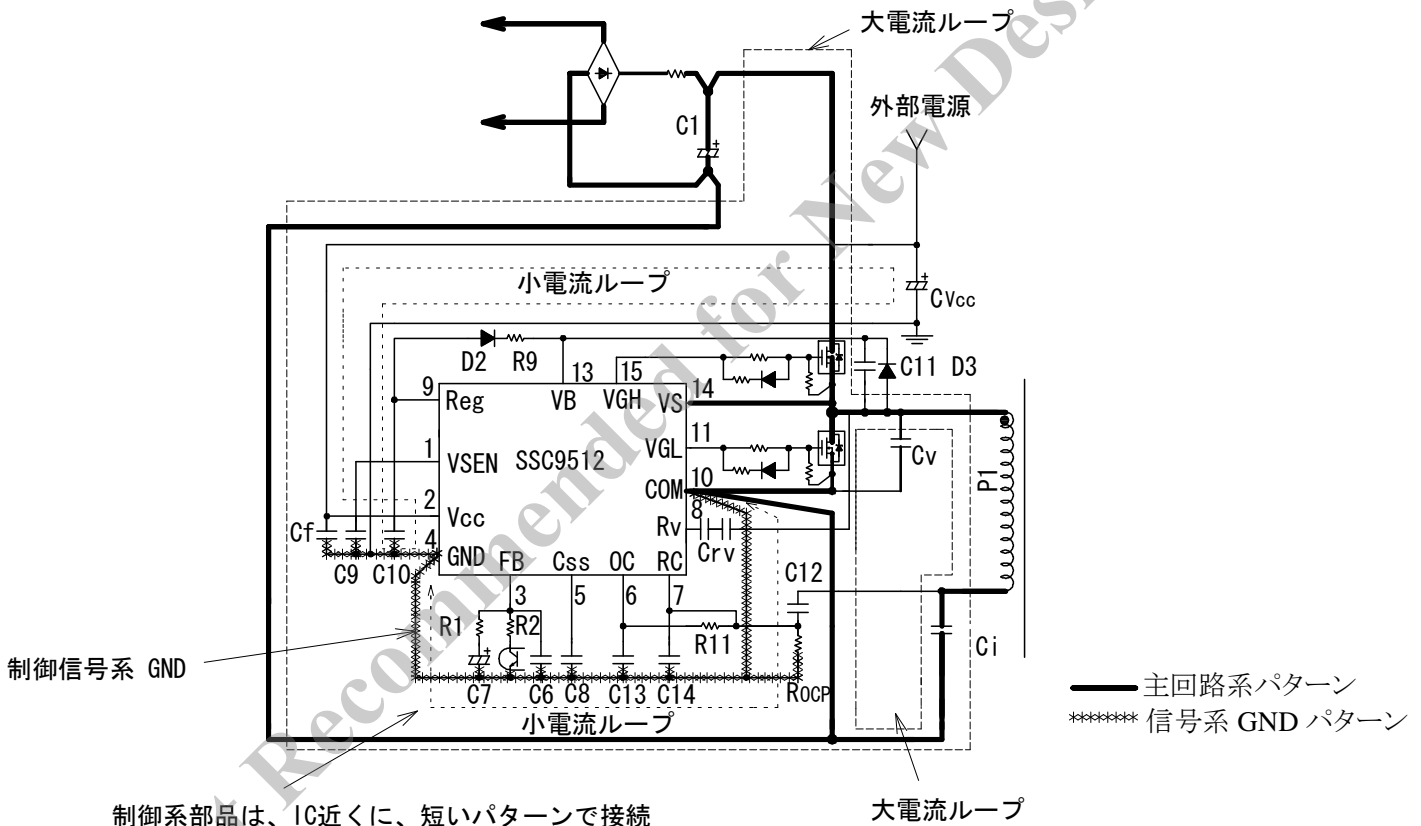


図 8-4 IC 周辺回路の接続例

IC 周辺回路の接続例を、図 8-4 に示します。

- 信号系グラウンドパターンと主回路グラウンドパターンは、共通インピーダンスをなくすため分離して、COM 端子 (10 番ピン) に接続します。
特に、GND 端子 (4 番ピン) と COM 端子 (10 番ピン) はできるだけ短いパターンで配線し、信号系パターンに、共振回路の主電流を流さないようにします。
- V_{cc} 端子と C_{VCC} が離れている場合は、ノイズによる誤動作を防止するため、 C_f (フィルムコンデンサ 0.1 μ F 程度) を IC の近くに配置します。
- IC の信号系部品は、短いパターンで IC に接続します。

ご注意書き

- 本資料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。
- 本資料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。
- 本資料に記載されている製品のご使用にあたって、これらの製品に他の製品・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、そのリスクをご検討の上、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。
- 本資料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・防火装置、各種安全装置など)への使用をご検討および一般電子機器であっても長寿命を要求される場合につきましては、必ず当社販売窓口へご相談をお願いいたします。
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。
- 本資料に記載された製品は耐放射線設計をしておりません。
- 当社物流網外での輸送、製品落下などによるトラブルについて当社は一切責任を負いません。
- 本資料に記載された内容を文書による当社の承諾無しに転記複製を禁じます。

- 本資料に記載されている製品(または技術)を国際的な平和および安全の維持の妨げとなる使用目的を有する者に再提供したり、また、そのような目的に自ら使用したり第三者に使用させたりしないようお願いいたします。
なお、輸出などされる場合は外為法のさだめるところに従い必要な手続きをおとりください。