

### 概要

SSC9522S 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。

デッドタイム自動調整機能や電流共振外れ検出機能など、充実した保護機能で、構成部品が少ないので、コストパフォーマンスが高く、高効率で低ノイズな電源システムを容易に構成することができます。

\*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)

### パッケージ

SOP18



Not to Scale

### 特長

- ハイサイド・パワー-MOSFET 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
- 電流共振外れ検出機能 (パルス・バイ・パルス)
- デッドタイム自動調整機能
- ブラウンイン・ブラウンアウト機能
- 保護機能

ハイサイド・ドライバ UVLO 保護

外部ラッチ機能

過電流保護(OCP):過電流の状態に応じた3段階の保護

過電圧保護(OVP): ラッチ

過負荷保護(OLP): ラッチ

過熱保護(TSD): ラッチ

### 主要スペック

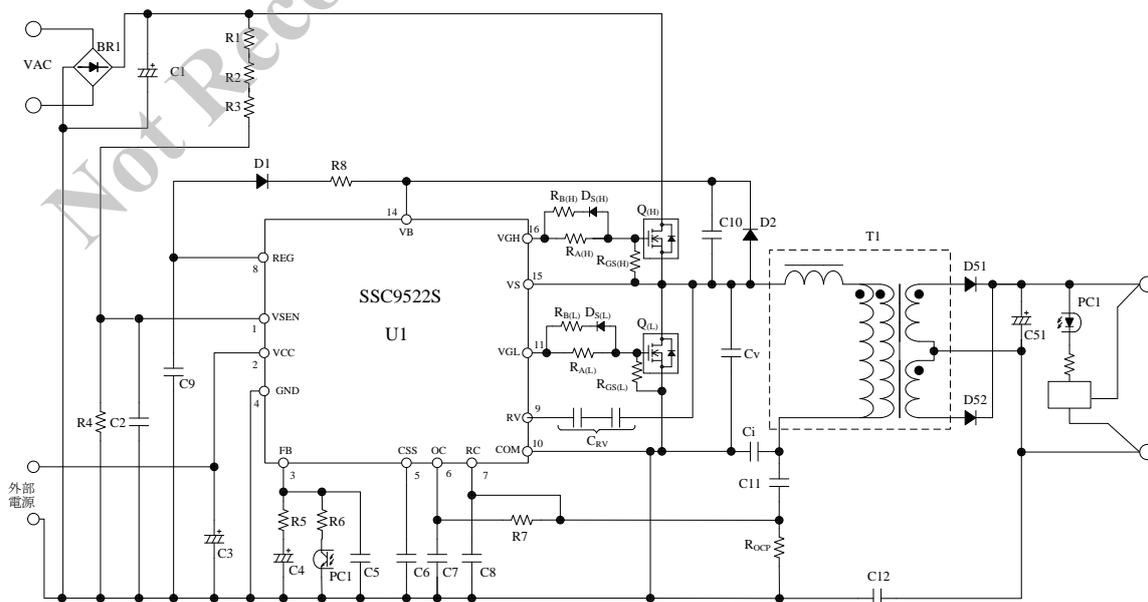
- 絶対最大定格  $V_{CC} = 35\text{ V}$
- 最低発振周波数  $f_{(\text{MIN})} = 28.3\text{ kHz (typ.)}$
- 最大発振周波数  $f_{(\text{MAX})} = 300\text{ kHz (typ.)}$

### アプリケーション

- LCDTV、PDPTV などのデジタル家電
- サーバー、多機能プリンタなどの OA 機器
- 産業機器
- 通信機器

などの各種電子機器用スイッチング電源

### 応用回路例



## 目次

概要	1
目次	2
1. 絶対最大定格	3
2. 電気的特性	4
3. ブロックダイアグラム	6
4. 各端子機能	6
5. 応用回路例	7
6. 外形図	8
7. 捺印仕様	8
8. 動作説明	9
8.1 共振回路動作	9
8.2 起動動作	12
8.3 ソフトスタート機能	13
8.4 ハイサイド・ドライバ	13
8.5 定電圧制御動作	13
8.6 デッドタイム自動調整機能	14
8.7 電流共振外れ検出機能	15
8.8 ブラウンイン/ブラウンアウト機能	16
8.9 外部ラッチ機能	17
8.10 過電流保護機能 (OCP)	17
8.11 過負荷保護機能 (OLP)	18
8.12 過電圧保護機能 (OVP)	19
8.13 過熱保護機能 (TSD)	19
9. 設計上の注意点	19
9.1 外付け部品	19
9.2 パターン設計	20
注意書き	21

## 1. 絶対最大定格

電流値の極性は、IC を基準として流入（シンク）が“+”、流出（ソース）が“-”と規定します。  
特記がない場合の条件  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$  です。

項目	記号	条件	端子	規格値	単位
VSEN 端子電圧	$V_{SEN}$		1-4	$-0.3 \sim V_{REG}$	V
制御部電源電圧	$V_{CC}$		2-4	$-0.3 \sim 35$	V
FB 端子電圧	$V_{FB}$		3-4	$-0.3 \sim 10$	V
CSS 端子電圧	$V_{CSS}$		5-4	$-0.3 \sim 12$	V
OC 端子電圧	$V_{OC}$		6-4	$-6 \sim 6$	V
RC 端子電圧	$V_{RC}$		7-4	$-6 \sim 6$	V
REG 端子流出電流	$I_{REG}$		8-4	-20.0	mA
RV 端子電流	$I_{RV}$	DC	9-4	$-2 \sim 2$	mA
		Pulse 40 ns	9-4	$-100 \sim 100$	mA
VGL 端子電圧	$V_{GL}$		11-4	$-0.3 \sim V_{REG} + 0.3$	V
VB-VS 端子間電圧*	$V_B - V_S$		14-15	$-0.3 \sim 15.0$	V
VS 端子電圧*	$V_S$		15-4	$-1 \sim 600$	V
VGH 端子電圧*	$V_{GH}$		16-4	$V_S - 0.3 \sim V_B + 0.3$	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 14、15、16 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 保証です。

## 2. 電気的特性

電流値の極性は、IC を基準として流入（シンク）が“+”、流出（ソース）が“-”と規定します。  
特記がない場合の条件  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 15\text{ V}$

項目	記号	条件	端子	Min.	Typ.	Max.	単位
<b>起動回路、回路電流</b>							
動作開始電源電圧	$V_{CC(ON)}$		2-4	10.2	11.8	13.0	V
動作停止電源電圧 <sup>(1)</sup>	$V_{CC(OFF)}$		2-4	8.8	9.8	10.9	V
動作時回路電流	$I_{CC(ON)}$		2-4	—	—	20.0	mA
非動作時回路電流	$I_{CC(OFF)}$	$V_{CC} = 9\text{ V}$	2-4	—	—	1.2	mA
ラッチ動作時回路電流	$I_{CC(L)}$	$V_{CC} = 11\text{ V}$	2-4	—	—	1.2	mA
<b>ソフトスタート</b>							
CSS 端子チャージ電流	$I_{CSS(C)}$		5-4	-0.21	-0.18	-0.15	mA
CSS 端子リセット電流	$I_{CSS(R)}$	$V_{CC} = 9\text{ V}$	5-4	1.0	1.8	2.4	mA
<b>ON/OFF</b>							
CSS 端子しきい電圧(2)	$V_{CSS(2)}$	$V_{SEN} = 3\text{ V}$ $V_{OC} = 0\text{ V}$	5-4	0.50	0.59	0.68	V
<b>発振器</b>							
最低周波数	$f_{(MIN)}$	$V_{CC} = 9\text{ V}$	11-10 16-15	26.2	28.3	31.2	kHz
最高周波数	$f_{(MAX)}$	$I_{FB} = -2\text{ mA}$	11-10 16-15	265	300	335	kHz
最大デットタイム	$t_{d(MAX)}$	$V_{SEN} = 3\text{ V}$	11-10 16-15	1.90	2.45	3.00	$\mu\text{s}$
最小デットタイム	$t_{d(MIN)}$	$I_{FB} = -2\text{ mA}$	11-10 16-15	0.25	0.50	0.75	$\mu\text{s}$
<b>スタンバイ</b>							
バースト周波数	$f_{CSS}$	$I_{FB} = -3.5\text{ mA}$	5-4	70	105	130	Hz
<b>フィードバック制御</b>							
バースト開始 FB 端子電流	$I_{CONT(1)}$		3-4	-2.9	-2.5	-2.1	mA
発振出力停止 FB 端子電流	$I_{CONT(2)}$		3-4	-3.7	-3.1	-2.5	mA
<b>ドライバ電源</b>							
ドライバ電源電圧	$V_{REG}$	$I_{FB} = -2\text{ mA}$	8-4	9.9	10.5	11.1	V
<b>ハイサイド・ドライバ</b>							
ハイサイド・ドライバ動作開始電圧	$V_{BUV(ON)}$		14-15	6.3	7.3	8.3	V
ハイサイド・ドライバ動作停止電圧	$V_{BUV(OFF)}$		14-15	5.5	6.4	7.2	V
<b>ドライブ回路</b>							
出力ソース電流 1	$I_{GL\_SOURCE1}$ $I_{GH\_SOURCE1}$	$V_{REG} = 10.5\text{ V}$ $V_B = 10.5\text{ V}$ $V_{GL} = 0\text{ V}$ $V_{GH} = 0\text{ V}$	11-10 16-15	—	-515	—	mA
出力シンク電流 1	$I_{GL\_SINK1}$ $I_{GH\_SINK1}$	$V_{REG} = 10.5\text{ V}$ $V_B = 10.5\text{ V}$ $V_{GL} = 10.5\text{ V}$ $V_{GH} = 10.5\text{ V}$	11-10 16-15	—	685	—	mA

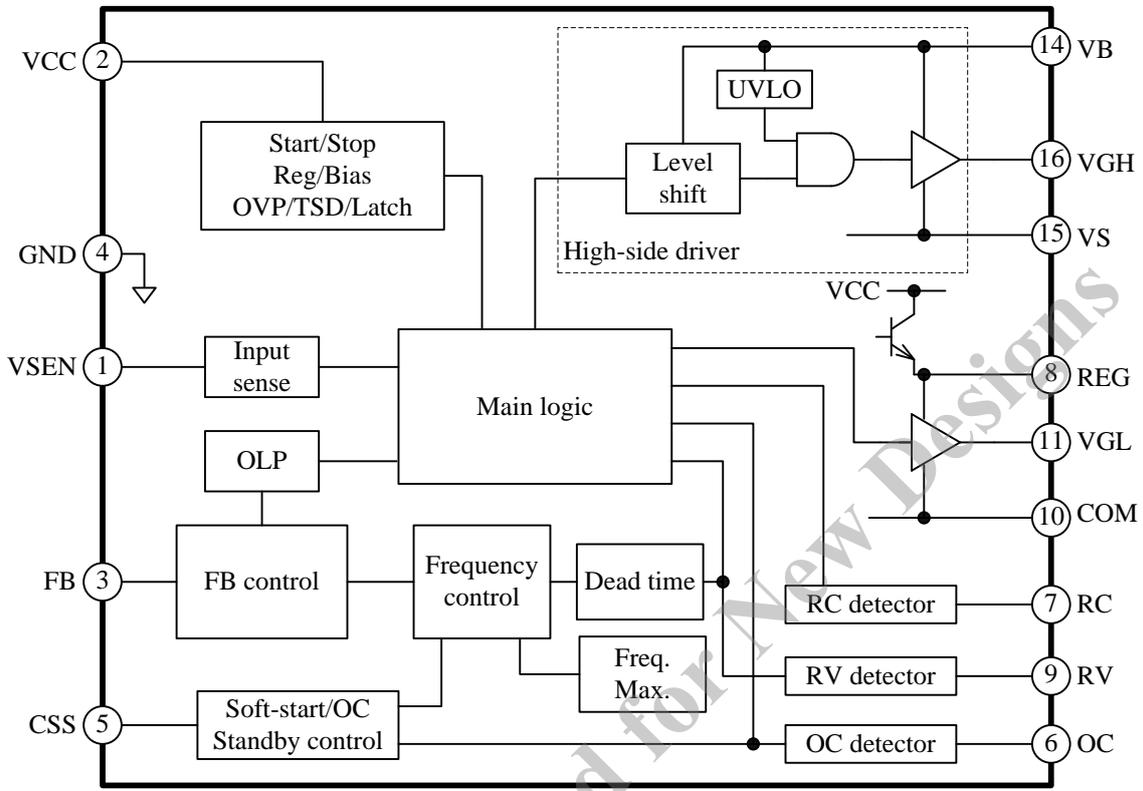
<sup>(1)</sup>  $V_{CC(OFF)} < V_{CC(ON)}$

## SSC9522S

項目	記号	条件	端子	Min.	Typ.	Max.	単位
出力ソース電流 2	IGL <sub>SOURCE2</sub> IGH <sub>SOURCE2</sub>	V <sub>REG</sub> = 12 V V <sub>B</sub> = 12 V V <sub>GL</sub> = 10.5 V V <sub>GH</sub> = 10.5 V	11 - 10 16 - 15	-120	-85	-50	mA
出力シンク電流 2	IGL <sub>SINK2</sub> IGH <sub>SINK2</sub>	V <sub>REG</sub> = 12 V V <sub>B</sub> = 12 V V <sub>GL</sub> = 1.5 V V <sub>GH</sub> = 1.5 V	11 - 10 16 - 15	70	113	160	mA
<b>ブラウンイン・ブラウンアウト機能</b>							
VSEN 端子しきい電圧(ON)	V <sub>SEN(ON)</sub>		1 - 4	1.32	1.42	1.52	V
VSEN 端子しきい電圧(OFF)	V <sub>SEN(OFF)</sub>		1 - 4	1.08	1.16	1.24	V
<b>電圧共振検出</b>							
電圧共振検出電圧(1)	V <sub>RV(1)</sub>		9 - 4	3.8	4.9	5.4	V
電圧共振検出電圧(2)	V <sub>RV(2)</sub>		9 - 4	1.20	1.77	2.30	V
<b>電流共振検出、過電流保護</b>							
電流共振外れ検出電圧	V <sub>RC</sub>		7 - 4	0.055	0.155	0.255	V
				-0.255	-0.155	-0.055	V
RC 端子しきい電圧(High speed)	V <sub>RC(S)</sub>		7 - 4	2.15	2.35	2.55	V
				-2.55	-2.35	-2.15	V
OC 端子しきい電圧(Low)	V <sub>OC(L)</sub>	V <sub>CSS</sub> = 3 V	6 - 4	1.42	1.52	1.62	V
OC 端子しきい電圧(High)	V <sub>OC(H)</sub>	V <sub>CSS</sub> = 3 V	6 - 4	1.69	1.83	1.97	V
OC 端子しきい電圧 (High speed)	V <sub>OC(S)</sub>	V <sub>CSS</sub> = 5 V	6 - 4	2.15	2.35	2.55	V
CSS 端子シンク電流(Low)	I <sub>CSS(L)</sub>	V <sub>CSS</sub> = 3 V V <sub>OC</sub> = 1.65 V	5 - 4	1.0	1.8	2.4	mA
CSS 端子シンク電流(High)	I <sub>CSS(H)</sub>	V <sub>CSS</sub> = 3 V V <sub>OC</sub> = 2 V	5 - 4	12.0	20.0	28.0	mA
CSS 端子シンク電流(High speed)	I <sub>CSS(S)</sub>	V <sub>RC</sub> = 2.8 V	5 - 4	11.0	18.3	25.0	mA
<b>OLP ラッチ、外部ラッチ</b>							
FB 端子流出電流	I <sub>FB</sub>	V <sub>FB</sub> = 5 V	3 - 4	-30.5	-25.5	-20.5	μA
FB 端子しきい電圧	V <sub>FB</sub>		3 - 4	6.55	7.05	7.55	V
CSS 端子しきい電圧(1)	V <sub>CSS(1)</sub>		5 - 4	7.0	7.8	8.6	V
ラッチ解除 VCC 電圧 <sup>(2)</sup>	V <sub>CC(LA_OFF)</sub>		2 - 4	6.7	8.2	9.5	V
<b>過電圧保護、過熱保護</b>							
OVP 動作 VCC 電圧	V <sub>CC(OVP)</sub>	V <sub>SEN</sub> = 3 V	2 - 4	28.0	31.0	34.0	V
熱保護動作温度	T <sub>j(TSD)</sub>		—	150	—	—	°C
<b>熱特性</b>							
ジャンクション-エアー間 熱抵抗	θ <sub>j-A</sub>		—	—	—	95	°C/W

<sup>(2)</sup> V<sub>CC(LA\_OFF)</sub> < V<sub>CC(OFF)</sub>

3. ブロックダイアグラム

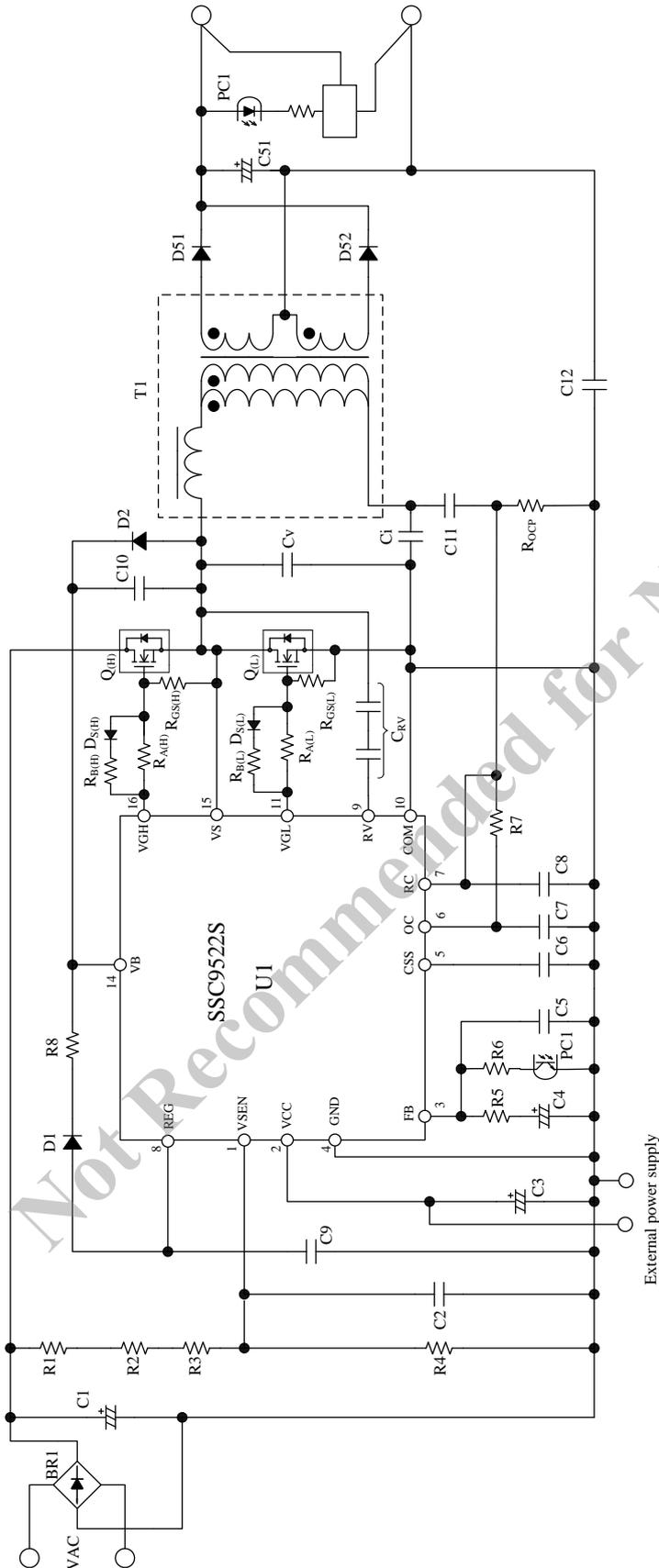


4. 各端子機能

○			
1	VSEN	(NC)	18
2	VCC	(NC)	17
3	FB	VGH	16
4	GND	VS	15
5	CSS	VB	14
6	OC	(NC)	13
7	RC	(NC)	12
8	REG	VGL	11
9	RV	COM	10

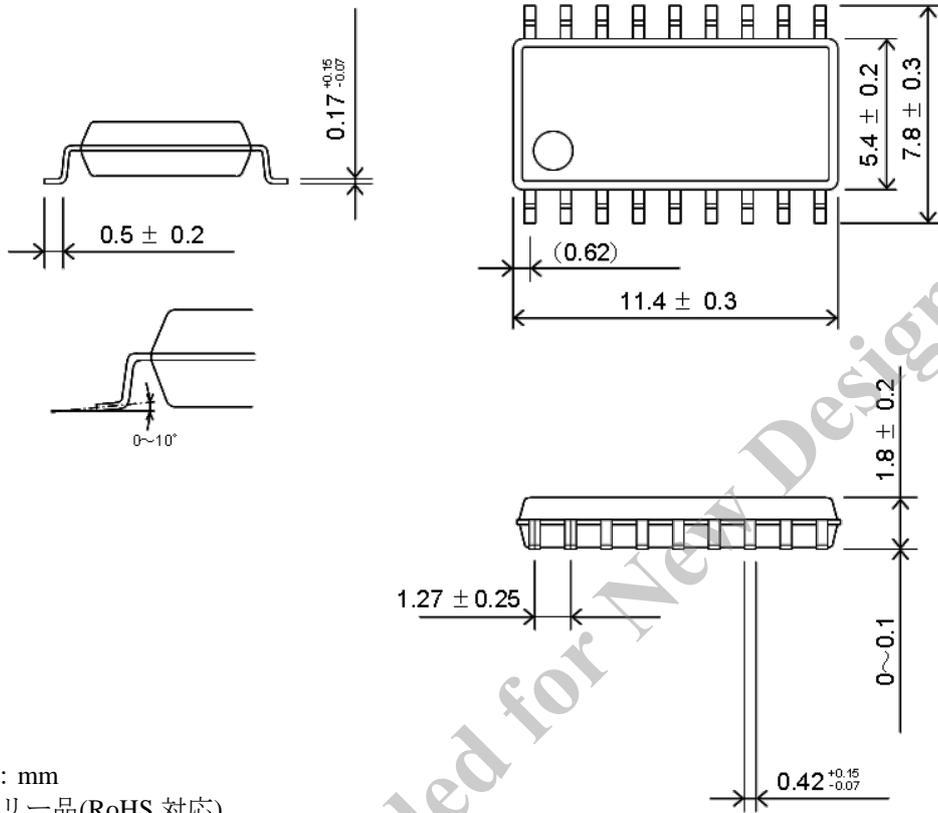
端子番号	端子名	機能
1	VSEN	AC 電圧検出端子
2	VCC	制御回路電源入力/過電圧保護信号入力
3	FB	定電圧制御信号入力/過負荷保護信号入力
4	GND	制御部グランド
5	CSS	ソフトスタート用コンデンサ接続端子
6	OC	過電流検出端子
7	RC	共振電流検出端子
8	REG	ハイサイド・ゲートドライブ回路用電源出力
9	RV	電圧共振検出端子
10	COM	パワー部グランド
11	VGL	ローサイド・ゲートドライブ出力
12, 13	(NC)	-
14	VB	ハイサイド・ゲートドライブ電源入力
15	VS	ハイサイド・ドライバ・フローティング・グランド
16	VGH	ハイサイド・ゲートドライブ出力
17, 18	(NC)	-

5. 応用回路例



6. 外形図

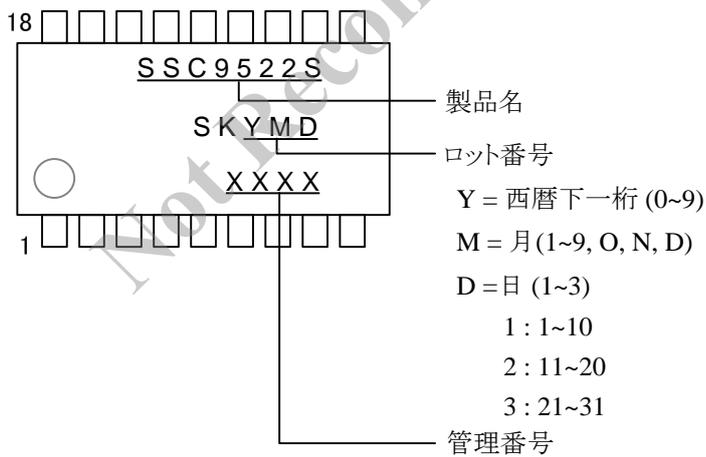
- SOP18



備考：

- 1) 単位：mm
- 2) Pbフリー品(RoHS 対応)

7. 捺印仕様



## 8. 動作説明

特記のない場合の特性数値は Typ. 値を表記します。電流値の極性は、IC を基準として流入（シンク）が“+”、流出（ソース）が“-”と規定します。

ハイサイドのパワー-MOSFET を  $Q_{(H)}$ 、ローサイドのパワー-MOSFET を  $Q_{(L)}$ 、電流共振コンデンサを  $C_i$ 、電圧共振コンデンサを  $C_v$  で表します。

### 8.1 共振回路動作

図 8-1 に一般的な RLC 直列共振回路を示します。

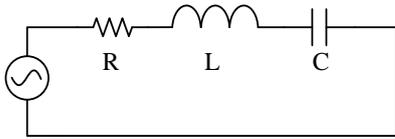


図 8-1 RLC 直列共振回路

この回路のインピーダンス  $Z$  は次式になります。

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (1)$$

ここで、 $\omega$  は角周波数です。 $\omega = 2\pi f$  なので、

$$Z = R + j\left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right) \quad (2)$$

周波数  $f$  が変化すると、共振回路のインピーダンスは、図 8-2 のように変化します。

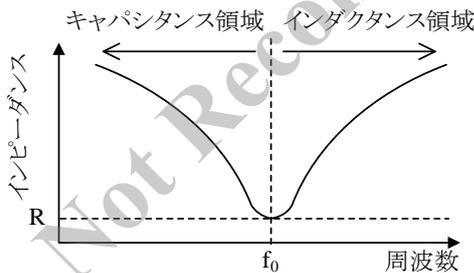


図 8-2 共振回路のインピーダンス

式(2)より、 $2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C}$  で  $Z$  は最小値  $R$  になり、このときの角周波数  $\omega$  は式(3)です。

$$\omega = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (3)$$

$Z$  が最も低いときの周波数を共振周波数  $f_0$  と呼び

ます。共振回路のインピーダンスは、 $f_0$  を中心として周波数の高い方がインダクタンス領域、低い方がキャパシタンス領域です。

式(3)より、共振周波数  $f_0$  は、式(4)になります。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4)$$

図 8-3 に電流共振電源の回路図を示します。

電流共振電源の基本回路は、ハーフブリッジ方式で、入力電源電圧  $V_{IN}$  に対して、パワー-MOSFET などのスイッチング素子  $Q_{(H)}$ 、 $Q_{(L)}$  を直列に接続します。 $Q_{(L)}$  には直列共振回路と電圧共振コンデンサ  $C_v$  を並列に接続します。直列共振回路は、共振用インダクタ  $L_R$ 、トランス T1 の一次巻線 P、電流共振コンデンサ  $C_i$  で構成します。

共振トランス T1 の一次巻線と二次巻線を疎結合にしてリーケージインダクタンスを大きくし、これを  $L_R$  として使用することで、直列共振回路を小さくできます。T1 のドットマークは極性を表します。二次巻線 S1 と S2 の巻数は等しくし、極性は図 8-3 のように接続します。

式(1)より共振電源のインピーダンスは式(5)、式(4)より共振周波数  $f_0$  は式(6)になります。

$$Z = R + j\left\{\omega(L_R + L_P) - \frac{1}{\omega C_i}\right\} \quad (5)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_R + L_P) \times C_i}} \quad (6)$$

ここで、

- R : 等価負荷抵抗
- $L_R$  : 共振用インダクタのインダクタンス値
- $L_P$  : T1 の一次巻線 P のインダクタンス値
- $C_i$  : 電流共振コンデンサの容量

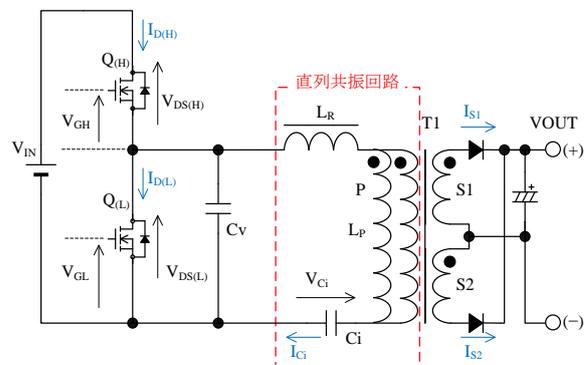


図 8-3 電流共振電源回路図

電流共振電源は、 $Q_{(H)}$ と $Q_{(L)}$ が交互にオン/オフします。 $Q_{(H)}$ と $Q_{(L)}$ のオン時間とオフ時間は同じです。 $Q_{(H)}$ と $Q_{(L)}$ のオン期間の間には、両方がオフとなる期間（デッドタイム）があります。

電流共振電源は、周波数を制御し、出力を一定電圧に制御します。出力電圧が低下すると、出力電力を増加させるため、ICは発振周波数 $f_{SW}$ を下げる制御をします。このためにはインダクタンス領域 ( $f_{SW} > f_0$ ) の動作が必要です。この領域では、巻線電流の位相が、巻線電圧の位相より遅れるため、 $Q_{(H)}$ 、 $Q_{(L)}$ のターンオン時はゼロ電流スイッチング(ZCS: Zero Current Switching)、およびターンオフ時はゼロ電圧スイッチング(ZVS: Zero Voltage Switching)で動作し、スイッチング損失はほぼゼロになります。

一方、キャパシタンス領域 ( $f_{SW} < f_0$ ) では、出力電圧が低下すると $f_{SW}$ が下がり、出力電力がさらに下がる動作になるため、定電圧制御ができなくなります。また、この領域では、巻線電流の位相が巻線電圧より早くなるため、 $Q_{(H)}$ と $Q_{(L)}$ がハードスイッチング動作になり、電力損失が大きくなります。

このように、キャパシタンス領域で動作することを電流共振外れと呼びます。電流共振電源では共振外れが起きないように回路を動作させる必要があります（詳細は8.7項参照）。

図 8-4 に電流共振電源の基本動作波形を示します（図 8-4 の記号は図 8-3 参照）。定常動作時の共振動作波形を期間 A~F に分け、それぞれの期間における共振電源の動作について以下に説明します。

説明に使用する記号の意味は以下のとおりです。

- $I_{D(H)}$  :  $Q_{(H)}$ のドレイン電流
- $I_{D(L)}$  :  $Q_{(L)}$ のドレイン電流
- $V_{F(H)}$  :  $Q_{(H)}$ のボディダイオードの順方向電圧
- $V_{F(L)}$  :  $Q_{(L)}$ のボディダイオードの順方向電圧
- $I_L$  :  $L_R$ の電流
- $V_{IN}$  : 入力電圧
- $V_{Ci}$  :  $C_i$ の両端電圧
- $V_{Cv}$  :  $C_v$ の両端電圧

1) 期間 A

$Q_{(H)}$ がオンするとき、図 8-5 のように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。同時にトランスを介して二次側にエネルギーを伝達します。

トランスの一次側巻線が、二次側ダイオードがオンするだけの電圧を維持できなくなった時点で、二次側へのエネルギー伝達が終わります。

2) 期間 B

二次側の電流がゼロになったあとは、図 8-6 のように一次側にのみ共振電流が流れ、 $C_i$ を充電します。

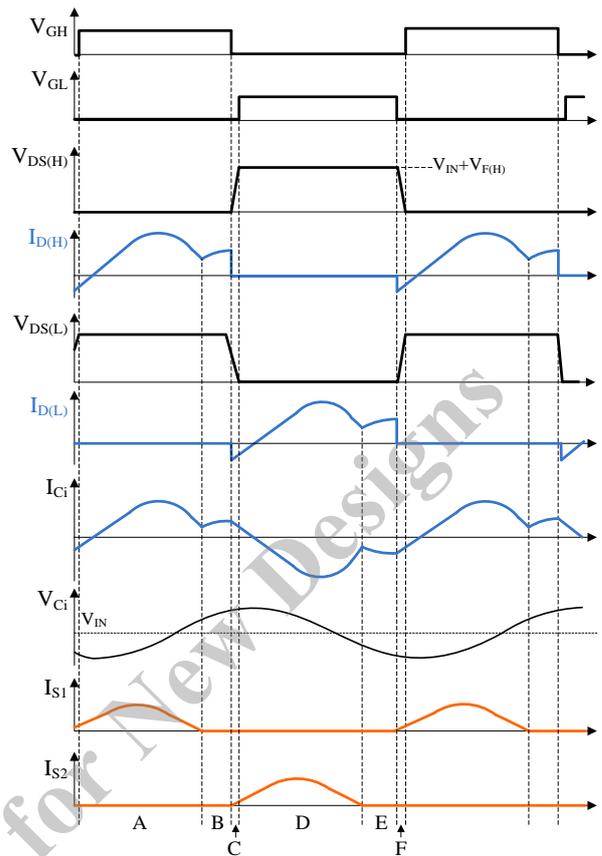


図 8-4 電流共振電源動作波形

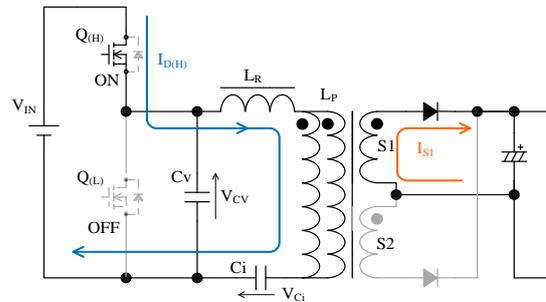


図 8-5 期間 A の動作

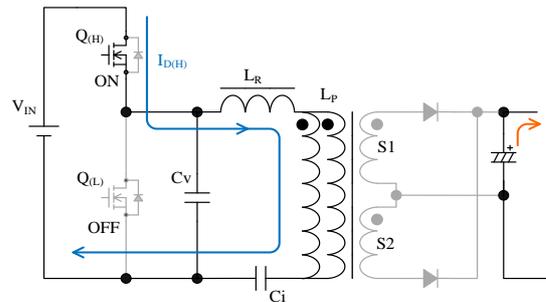


図 8-6 期間 B の動作

## 3) 期間 C

この期間はデッドタイムの期間で、 $Q_{(H)}$ と $Q_{(L)}$ はオフになります。 $Q_{(H)}$ がターンオフすると、直列共振回路に蓄えたエネルギーにより、図 8-7 のように  $I_L$  が流れ  $C_V$  を放電します。 $V_{CV}$  が  $V_{F(L)}$  まで下がると、 $Q_{(L)}$  のボディダイオードに  $-I_{D(L)}$  が流れ、 $V_{CV}$  は  $V_{F(L)}$  でクランプされます。その後  $Q_{(L)}$  がターンオンします。このとき  $V_{DS(L)}$  はほぼゼロのため、 $Q_{(L)}$  は ZVS および ZCS 動作になり、スイッチングによる損失はほとんどありません。

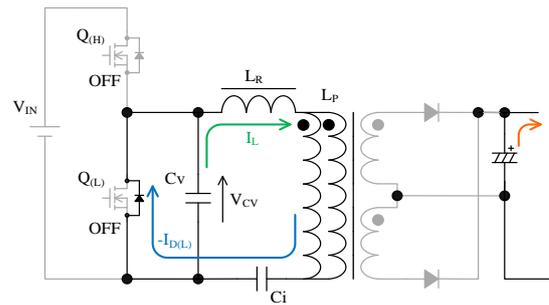


図 8-7 期間 C の動作

## 4) 期間 D

$Q_{(L)}$  がオンすると、図 8-8 のように  $I_{D(L)}$  が流れ、トランスの一次巻線に  $V_{C_i}$  が加わり、トランスを介して二次側にエネルギーを伝達します。トランスの一次側巻線が、二次側ダイオードがオンするだけの電圧を維持できなくなった時点で、二次側へのエネルギー伝達が終わります。

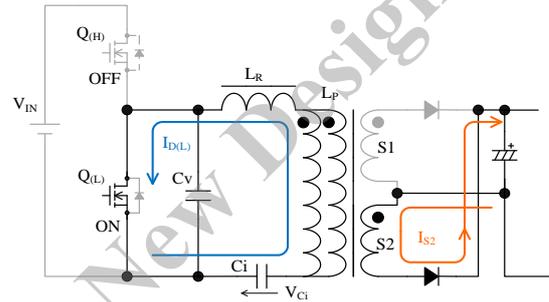


図 8-8 期間 D の動作

## 5) 期間 E

二次側の電流がゼロになったあとは、図 8-9 のように一次側にのみ共振電流が流れ、 $C_i$  を充電します。

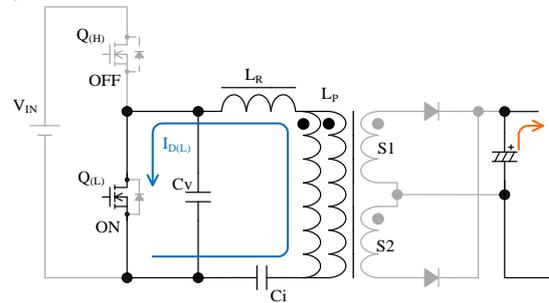


図 8-9 期間 E の動作

## 6) 期間 F

この期間はデッドタイムの期間で、 $Q_{(H)}$ と $Q_{(L)}$ はオフになります。

$Q_{(L)}$  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、 $-I_L$  が流れ、 $C_V$  を充電します。 $V_{CV}$  が  $V_{IN} + V_{F(H)}$  に達すると、 $-I_{D(H)}$  が  $Q_{(H)}$  のボディダイオードに流れ、 $V_{CV}$  は  $V_{IN} + V_{F(H)}$  でクランプされます。その後  $Q_{(H)}$  がターンオンします。このとき  $V_{DS(H)}$  はほぼゼロのため、 $Q_{(H)}$  は ZVS、および ZCS 動作になり、スイッチングによる損失はほとんどありません。

## 7) 期間 F 以降

$Q_{(H)}$  がオンすると  $I_{D(H)}$  が流れ、期間 A の動作に戻ります。

以上の動作を繰り返し、共振回路から二次側へエネルギーを伝達します。

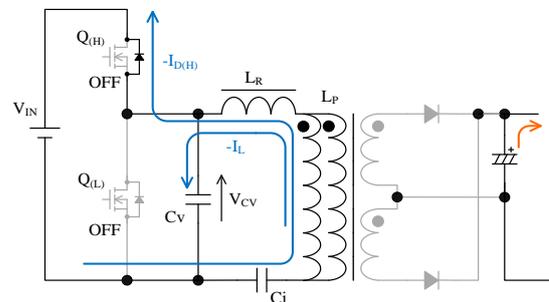


図 8-10 期間 F の動作

## 8.2 起動動作

図 8-11、図 8-12 にブラウンイン・ブラウンアウト機能を使用した場合と、使用しない場合の VCC 端子周辺回路を示します (ブラウンイン・ブラウンアウト機能については、8.8 項を参照)。

VCC 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。VCC 端子は、図 8-13 のように、動作開始電源電圧  $V_{CC(ON)} = 11.8 \text{ V}$  に達すると、制御回路が動作を開始し、動作停止電源電圧  $V_{CC(OFF)} = 9.8 \text{ V}$  を下回ると、低入力時動作禁止回路 (UVLO : Undervoltage Lockout) 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。

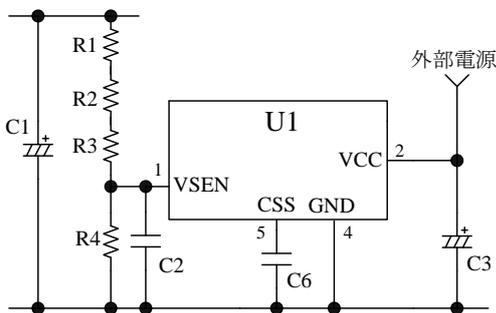


図 8-11 ブラウンイン・ブラウンアウト機能を使用した場合の VCC 端子周辺回路

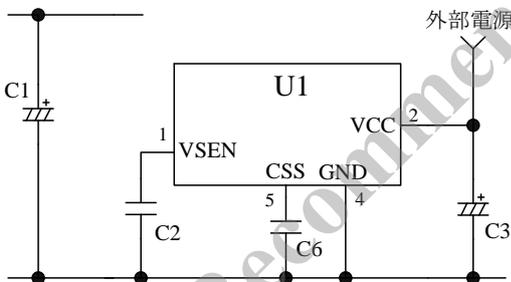


図 8-12 ブラウンイン・ブラウンアウト機能を使用しない場合の VCC 端子周辺回路

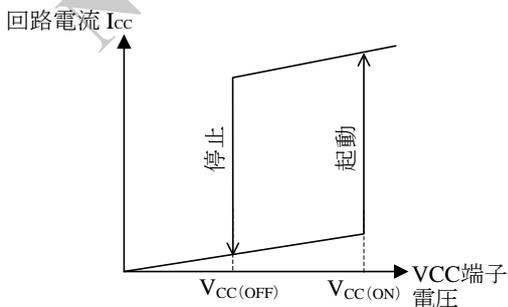


図 8-13 VCC 端子電圧と回路電流  $I_{CC}$

起動時、以下の条件を満たすとスイッチング動作を開始します (図 8-14 参照)。

- 1) VCC 端子電圧  $\geq V_{CC(ON)} = 11.8 \text{ V}$
- 2) VSEN 端子電圧  $\geq V_{SEN(ON)} = 1.42 \text{ V}$
- 3) CSS 端子電圧  $\geq V_{CSS(2)} = 0.59 \text{ V}$

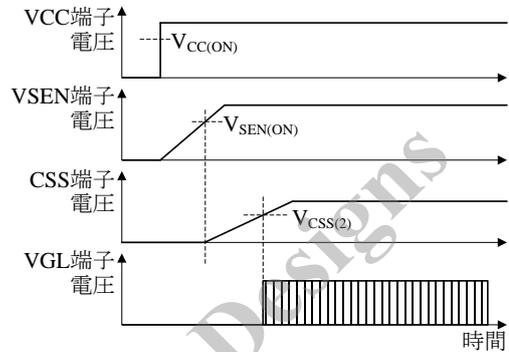


図 8-14 起動時動作波形

本 IC の電源供給を外部電源で行う場合、VCC 端子電圧が  $V_{CC(ON)}$  に達してからスイッチング動作を開始するまでの時間  $t_{ST}$  は、次のように概算計算できます。

- ブラウンイン/ブラウンアウト機能を使用する場合

$$t_{ST} = t_{ST1} = \frac{C6 \times V_{CSS(2)}}{|I_{CSS(C)}|} \quad (7)$$

ここで、 $V_{CSS(2)} = 0.59 \text{ V}$ 、 $I_{CSS(C)} = -0.18 \text{ mA}$  です。  
 $C6 = 1 \mu\text{F}$  の場合、 $t_{ST}$  は約 3.3 ms になります。

- ブラウンイン/ブラウンアウト機能を使用しない場合

この場合、式(7)の  $t_{ST1}$  に、次式(8)の  $t_{ST2}$  を加算します。  
 $t_{ST2}$  は VCC 端子が  $V_{CC(ON)}$  に達してから VSEN 端子電圧が  $V_{SEN(ON)} = 1.42 \text{ V}$  になるまでの時間です。

$$t_{ST2} = C2 \times 380k \quad (8)$$

$C6 = 1 \mu\text{F}$ 、 $C2 = 0.01 \mu\text{F}$  の場合、 $t_{ST2}$  は約 3.8 ms になるので、 $t_{ST}$  は以下の値になります。

$$t_{ST} = t_{ST1} + t_{ST2} = 3.3 \text{ (ms)} + 3.8 \text{ (ms)} = \text{約 } 7.1 \text{ ms}$$

### 8.3 ソフトスタート機能

図 8-15 に起動時の CSS 端子の波形を示します。本 IC は部品のストレス低減および共振外れの抑制のため、ソフトスタート機能を搭載しています。ソフトスタート動作時は、CSS 端子に接続した C6 を CSS 端子チャージ電流  $I_{CSS(C)} = -0.18 \text{ mA}$  で充電します。このとき、発振周波数は CSS 端子電圧によって変化します。CSS 端子電圧が上昇するにしたがって、周波数が徐々に低くなり、同時に出力電力が増加します。出力電圧が増加するにつれ、IC はフィードバック制御による発振周波数で動作します。なお、起動直後に過電流保護が動作して、CSS 端子電圧が  $V_{CSS(2)} = 0.59 \text{ V}$  以下になる期間は、スイッチング動作が停止します。これにより、一次巻線の電流ピークが高い期間を短くできるため、部品のストレスが低減できます。

IC が以下のいずれかの条件を満たすと、CSS 端子リセット電流  $I_{CSS(R)} = 1.8 \text{ mA}$  で C6 を放電します。

- VCC 端子電圧  $\leq V_{CC(OFF)} = 9.8 \text{ V}$
- VSEN 端子電圧  $\leq V_{SEN(OFF)} = 1.16 \text{ V}$
- 外部ラッチ機能、または保護機能 (OVP、OLP、TSD) で IC がラッチ動作した場合

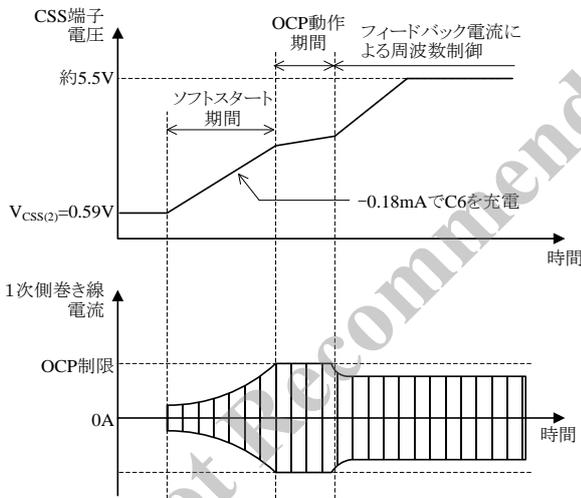


図 8-15 ソフトスタート動作波形

### 8.4 ハイサイド・ドライバ

図 8-16 にブートストラップ回路を示します。ブートストラップ回路は  $Q_{(H)}$  をドライブするための回路で、REG 端子と VS 端子の間に D1、R8、C10 で構成します。 $Q_{(H)}$  がオフ、 $Q_{(L)}$  がオンするとき、VS 端子電圧はほぼ GND と同じ電位になり、REG 端子は C10 を充電します。

VB 端子と VS 端子間の電圧がハイサイド・ドラ

イバ動作開始電圧  $V_{BUV(ON)} = 7.3 \text{ V}$  以上になると、内部のハイサイド・ドライバ回路が動作を開始し、ハイサイド・ドライバ動作停止電圧  $V_{BUV(OFF)} = 6.4 \text{ V}$  以下になると動作を停止します。この  $V_{BUV(OFF)}$  により、C10 がショートした場合の保護が可能です。

D1 は、リカバリー時間が短く、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、入力電圧が AC265V 上限時は  $V_{rm} = 600 \text{ V}$  の AG01A を推奨)。

C10 は、低 ESR で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。

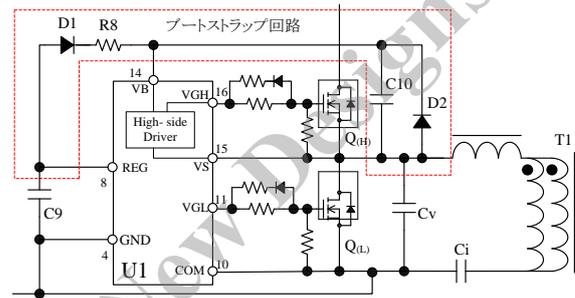


図 8-16 ブートストラップ回路

### 8.5 定電圧制御動作

図 8-17 に FB 端子の周辺回路を示します。FB 端子に接続したフォトカプラ PC1 により、FB 端子からフィードバック電流を引き抜き、発振周波数を制御します。これにより、出力を定電圧に制御します (制御はインダクタンス領域)。

軽負荷時、FB 端子電流がバースト開始 FB 端子電流  $I_{CONT(1)} = -2.5 \text{ mA}$  以下になると、スイッチング動作を停止します。これにより、スイッチング損失を低減し、二次側出力電圧の上昇を抑制します。フォトカプラの二次側発光部は、CTR などの経年変化を考慮し、制御に必要な電流 (発振出力停止 FB 端子電流  $I_{CONT(2)} = -3.7 \text{ mA (min.)}$  以下) を引き抜けるように設定します。R6 の推奨定数は  $560 \Omega$  です。

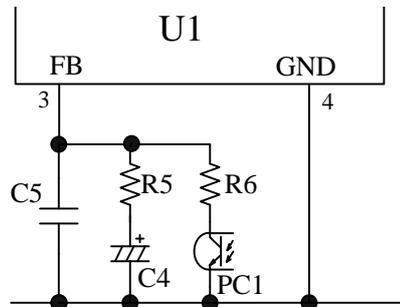


図 8-17 FB 端子周辺回路

8.6 デッドタイム自動調整機能

電圧共振期間よりデッドタイムが短い場合は、図 8-18 のように、電圧共振期間の途中でパワー MOSFET がターンオン、ターンオフします。この場合、パワー MOSFET はハードスイッチング動作になり、スイッチング損失は増大します。

デッドタイム自動調整機能とは、IC 内部で電圧共振期間を検出して、 $Q_{(H)}$ と $Q_{(L)}$ の ZVS (Zero Voltage Switching)動作を自動的に制御する機能です。

電圧共振期間は電源仕様（入力電圧、出力電力など）によって変化しますが、本機能により電源仕様ごとのデッドタイムの調整が不要になります。

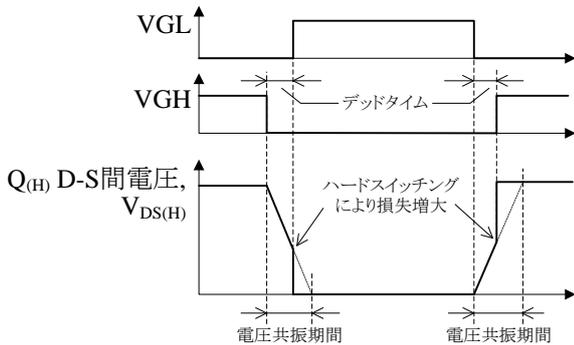


図 8-18 ZVS 不具合波形

図 8-19 に RV 端子周辺回路と内部のデッドタイム検出回路を示します。本機能の外付け部品は高圧セラミックコンデンサ  $C_{RV}$  のみで、VS 端子と RV 端子の間に接続します。 $C_{RV}$  の容量は 5 pF 程度です。

IC 内部のデッドタイム検出回路は、内部の基準電圧  $Reg$  と GND 端子間の電圧を抵抗分割し、RV 端子に接続する構成です。図 8-20 のように、 $Q_{(L)}$ のドレイン-ソース間電圧  $V_{DS(L)}$ が上昇するとき、微分電流  $\Delta i$  が  $C_{RV}$  を通って流れます。この微分電流  $\Delta i$  を RV 端子に入力し、 $V_{DS(L)}$ の上昇時の傾き ( $dv/dt$ ) を検出します。また、検出に必要な期間のみ、SW1 と SW2 をオンにすることで、回路電流を低減し、かつ微分回路の応答特性を確保しています。

微分電流  $\Delta i$  は次式(9)で算出できます。過渡状態を含むすべての電源の状態を確認し、 $|\Delta i|$ 次式(10)の範囲になるように、 $C_{RV}$ の容量を調整します。 $\Delta i$ が大きい場合は  $C_{RV}$ の容量を小さくします。ただし、 $dt$ が 40 ns 以下の場合、 $\Delta i = \pm 100$  mA です。

$$\Delta i = C_{RV} \times \left( \frac{dv}{dt} \right) \tag{9}$$

$$|\Delta i| \leq \frac{100 \text{ (mA)} \times 40 \text{ (ns)}}{dt} \tag{10}$$

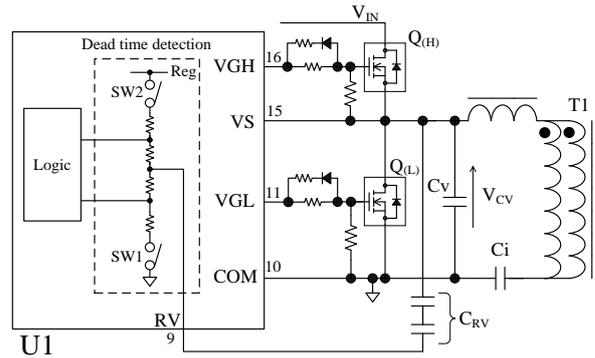


図 8-19 RV 端子周辺およびデッドタイム検出回路

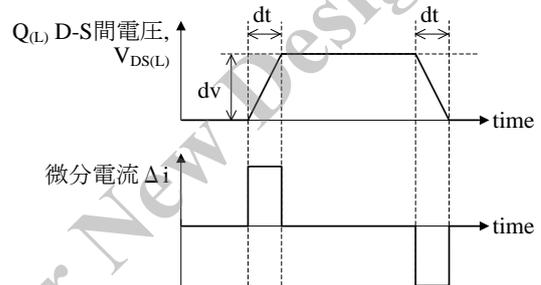


図 8-20 微分電流波形

図 8-21 にデッドタイム自動調整機能の動作波形を示します。 $Q_{(L)}$ と $Q_{(H)}$ のターンオフ時、本機能は以下のように動作します。

●  $Q_{(L)}$ ターンオフ時の動作

$Q_{(L)}$ がターンオフすると、SW1 をオンに維持したまま SW2 をオンにします。共振電流は図 8-19 の  $C_V$ 、 $C_I$ 、 $T1$  を流れ、 $C_V$  の電圧  $V_{CV}$  は 0 V から上昇します。 $V_{CV}$  が次式(11)になると、共振電流は  $Q_{(H)}$ のボディダイオードを流れて、 $V_{CV}$ は  $V_{IN} + V_{F(H)}$ にクランプされます。 $V_{CV}$ が上昇し始めてから、 $V_{CV}$ がクランプされるまでの期間が電圧共振期間です。

$$V_{CV} \geq V_{IN} + V_{F(H)} \tag{11}$$

ここで、

$V_{IN}$  : 入力電圧

$V_{F(H)}$  :  $Q_{(H)}$ のボディダイオードの順方向電圧

このとき、 $C_{RV}$ に微分電流  $\Delta i$ が流れます。RV 端子の電圧は、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、 $\Delta i$ が流れなくなると、RV 端子電圧は低下します。RV 端子電圧が、電圧共振検出電圧(1)  $V_{RV(1)} = 4.9$  V になると、 $Q_{(H)}$ をオン、SW1 をオフにします。SW2

がオンしてから、SW1 がオフするまでの期間が自動調整したデッドタイムです。

● **Q<sub>(H)</sub>ターンオフ時の動作**

Q<sub>(H)</sub>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。

共振電流は図 8-19 の C<sub>V</sub>、C<sub>i</sub>、T<sub>1</sub> を流れ、C<sub>V</sub> の電圧 V<sub>CV</sub> は入力電圧 V<sub>IN</sub> から下降します。V<sub>CV</sub> が次式(12)になると、共振電流は Q<sub>(L)</sub>のボディダイオードを流れて、V<sub>CV</sub> は -V<sub>FL</sub> にクランプされます。V<sub>CV</sub> が下降し始めてから、V<sub>CV</sub> がクランプされるまでの期間が電圧共振期間です。

$$V_{CV} \leq -V_{FL} \tag{12}$$

ここで、

V<sub>FL</sub> : Q<sub>(L)</sub>のボディダイオードの順方向電圧

このとき C<sub>RV</sub>に微分電流 Δi が流れ、RV 端子の電圧は、IC 内部で抵抗分割した電圧から下降し、ほぼ GND 電位にクランプします。電圧共振が終了し、Δi が流れなくなると、RV 端子電圧は上昇します。RV 端子電圧が、電圧共振検出電圧(2) V<sub>RV(2)</sub> = 1.77 V になると、Q<sub>(L)</sub>をオン、SW2 をオフにします。SW1 がオンしてから、SW2 がオフするまでの期間が自動調整したデッドタイムです。

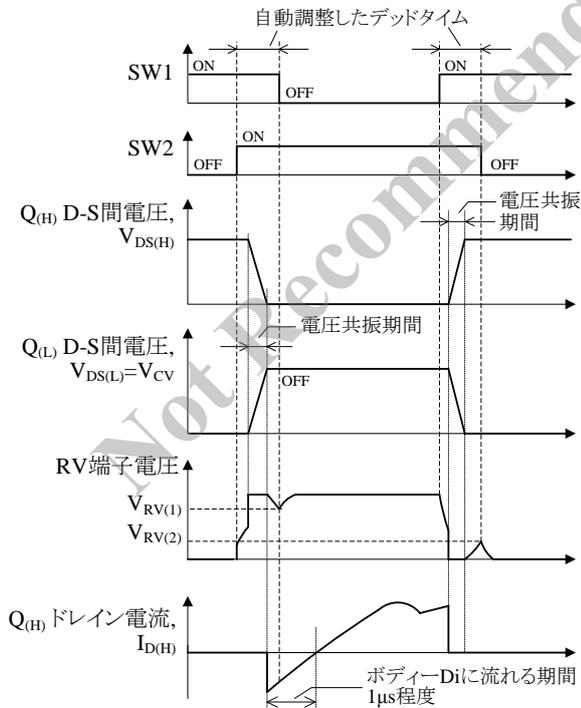


図 8-21 デッドタイム自動調整機能動作波形

本 IC は、RV 端子に V<sub>RV(1)</sub>、V<sub>RV(2)</sub>に達する信号を入力すると、デッドタイム自動調整機能により、常に ZVS (Zero Voltage Switching)動作を行います。

ここで、入力電圧上限で負荷下限、入力電圧下限で負荷上限の条件において、ZCS (Zero Current Switching) 動作をしているか (図 8-21 のドレイン電流がボディダイオードに流れている期間が 1 μs 程度確保されているか)、実働で確認が必要です。

8.7 電流共振外れ検出機能

電流共振電源は、図 8-22 のインダクタンス領域で動作させます。キャパシタンス領域では電流共振外れ動作になります (8.1 項参照)。この共振外れを防止するため、電源仕様ごとに最小発振周波数は f<sub>0</sub> より高く設定する必要があります。

本 IC は、電流共振外れ検出機能を搭載しており、常に f<sub>0</sub> より高い周波数を維持するように動作します。そのため最小発振周波数の設定が不要で、設計の自由度が向上します。また、共振周波数 f<sub>0</sub> 付近まで使用できるので、トランスの利用効率が向上します。

本 IC は、共振電流を RC 端子で検出して、電流共振外れを判定します。電流共振外れ検出機能は以下のように動作します。

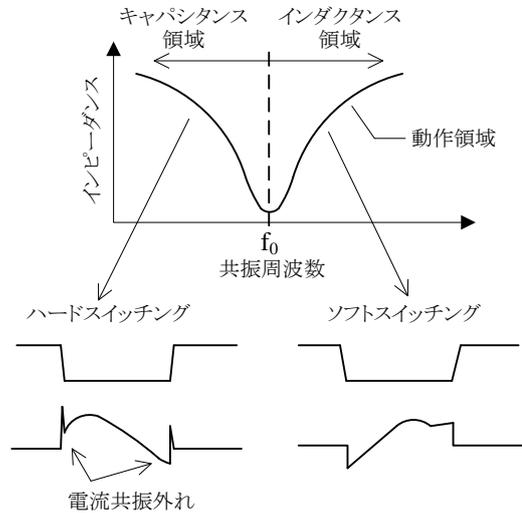


図 8-22 共振電源の動作領域

● **Q<sub>(H)</sub>がオンしている期間**

図 8-23 にインダクタンス領域の RC 端子の波形、図 8-24 にキャパシタンス領域の RC 端子の波形を示します。

インダクタンス領域で動作している場合、Q<sub>(H)</sub>のオン期間に RC 端子電圧が電流共振外れ検出電圧 V<sub>RC</sub> = 0.155 V を下方向に横切ることがありま

せん (図 8-23)。これに対し、キャパシタンス領域の場合は、 $V_{RC} = 0.155 \text{ V}$  を下方方向に横切るポイントがあります。これを検出して電流共振外れと判断し、 $Q_{(H)}$  をオフ、 $Q_{(L)}$  をオンにします (図 8-24)。

●  $Q_{(L)}$  がオンしている期間

$Q_{(H)}$  の動作とは逆に、キャパシタンス領域の場合は、 $Q_{(L)}$  のオン期間に RC 端子電圧が電流共振外れ検出電圧  $V_{RC} = -0.155 \text{ V}$  を上方方向に横切るポイントがあります。これを検出して電流共振外れと判断し、 $Q_{(L)}$  をオフ、 $Q_{(H)}$  をオンにします。

以上のように、電流共振外れをパルス・バイ・パルス方式で検出し、動作周波数を電流共振外れ周波数と同期させることで、電流共振外れの発生を抑制します。

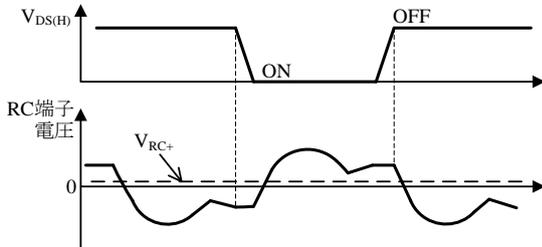


図 8-23 インダクタンス領域の RC 端子の波形

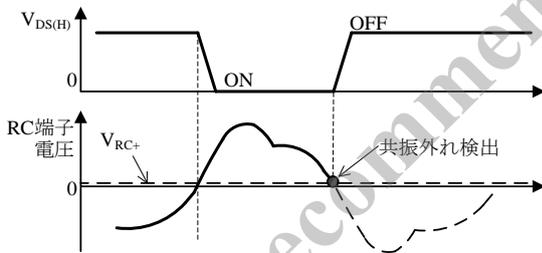


図 8-24 キャパシタンス動作時の RC 端子の波形

電流共振外れの検出スピードを上げるため、RC 端子は OC 端子のフィルタ部の前段に接続します (図 8-25)。C8 は、ノイズによる誤動作防止用コンデンサで、100 pF 程度を接続します。R<sub>OCp</sub> と C11 の定数は、電流共振外れが生じやすい動作 (起動、入力電源オフ、出力短絡、ダイナミック負荷急変など) において、RC 端子の電圧が  $V_{RC} = \pm 0.155 \text{ V}$  に達するように調整します。ただし、RC 端子に印加する電圧は、絶対最大定格  $\pm 6 \text{ V}$  以内になるよう調整します。

R<sub>OCp</sub> と C11 は、過電流保護機能(OCP)の検出にも使用するため、OCP も考慮した調整が必要です。

RC 端子電圧が RC 端子しきい電圧(High speed)  $V_{RC(S)} = 2.35 \text{ V}$  以上または  $V_{RC(S)} = -2.35 \text{ V}$  以下になると、過電流保護機能が動作します (詳細は 8.9 項参照)。

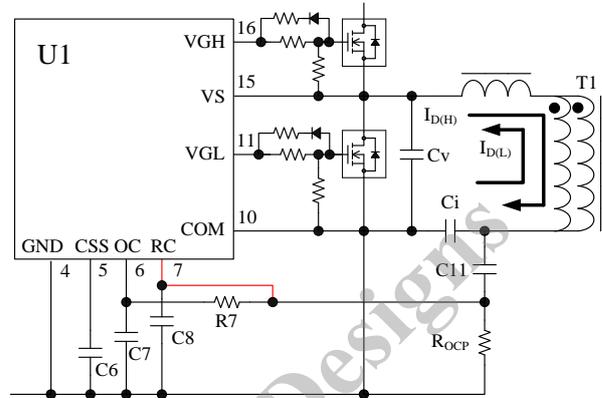


図 8-25 RC 端子周辺回路

8.8 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、電源の入力電圧が低い時にスイッチング動作を停止し、過入力電流や過熱を防止します。

ブラウンイン/ブラウンアウト機能の検出電圧は、図 8-26 の R1~R4 で設定します。VCC 端子電圧が  $V_{CC(ON)}$  以上のとき、IC は VSEN 端子電圧によって以下のように動作します。

- VSEN 端子電圧が  $V_{SEN(ON)} = 1.42 \text{ V}$  以上で IC 起動
- VSEN 端子電圧が  $V_{SEN(OFF)} = 1.16 \text{ V}$  以下でスイッチング動作停止

IC が起動する DC 入力電圧を  $V_{IN(ON)}$ 、スイッチング動作を停止する DC 入力電圧を  $V_{IN(OFF)}$  とすると、 $V_{IN(ON)}$  は式(13)、 $V_{IN(OFF)}$  は式(14)で求められます。これより、 $V_{IN(ON)}$  と  $V_{IN(OFF)}$  の関係は式(15)のとおりです。

$$V_{IN(ON)} \doteq V_{SEN(ON)} \times \frac{(R1+R2+R3+R4)}{R4} \quad (13)$$

$$V_{IN(OFF)} \doteq V_{SEN(OFF)} \times \frac{(R1+R2+R3+R4)}{R4} \quad (14)$$

$$V_{IN(OFF)} \doteq \frac{V_{SEN(OFF)}}{V_{SEN(ON)}} \times V_{IN(ON)} \quad (15)$$

また、式(13)より、検出抵抗は次式で求めます。

$$R1+R2+R3 \doteq \frac{V_{IN(ON)} - V_{SEN(ON)}}{V_{SEN(ON)}} \times R4 \quad (16)$$

R1、R2、R3 は高圧を印加するため、以下の考慮が必要です。

- 電源要求仕様に応じて、電食を考慮した抵抗を選択する
- 直列に抵抗を追加して、個々の印加電圧を下げる

図 8-26 の C2 は検出電圧のリプル電圧低減と遅延時間の役割があり、0.1 μF 程度が目安です。

R1～R4、C2 は、最終的に実働動作を確認して決定します。

ブラウンイン／ブラウンアウト機能を使用しない場合は R1、R2、R3、R4 を削除します。C2 はノイズによる誤動作防止用に 0.01 μF 程度を接続します。

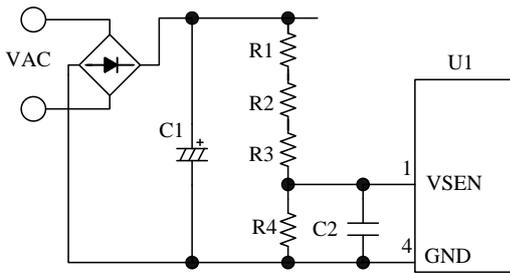


図 8-26 VSEN 端子周辺回路

### 8.9 外部ラッチ機能

図 8-27 に CSS 端子の周辺回路例を示します。

外部ラッチ機能は、外部から CSS 端子に電圧を印加すると、ラッチモードでスイッチング動作を停止する機能です。ラッチの解除は、VCC 端子電圧を  $V_{CC(LA\_OFF)} = 8.2\text{ V}$  以下にすることで行います。

外部ラッチ機能は、電源のアブノーマル時などの保護として使用できます。

CSS 端子の印加電圧は、 $V_{CSS(1)} = 8.6\text{ V (max.)}$  以上、絶対最大定格 12 V 未満に設定します。

なお、過電流動作時には CSS 端子からシンク電流が流れるため (8.10 項参照)、外部回路の電流供給能力は、シンク電流 (約 100 mA) 以上に設定にします。

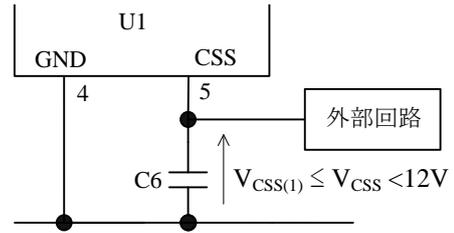


図 8-27 CSS 端子の周辺回路例

### 8.10 過電流保護機能 (OCP)

過電流保護機能 (OCP: Overcurrent Protection) は、パワーMOSFET のドレイン電流値をパルス・バイ・パルス方式で検出して、電力を制限します。

過電流は OC 端子、または RC 端子で検出します。図 8-28 に OC 端子、RC 端子の周辺回路を示します。

分流コンデンサ C11 は、電流共振コンデンサ  $C_i$  に比べ小さく設定できます。これにより、検出抵抗  $R_{OCP}$  の検出電流が小さくなり、損失を低減できるため、小形の抵抗が使用できます。

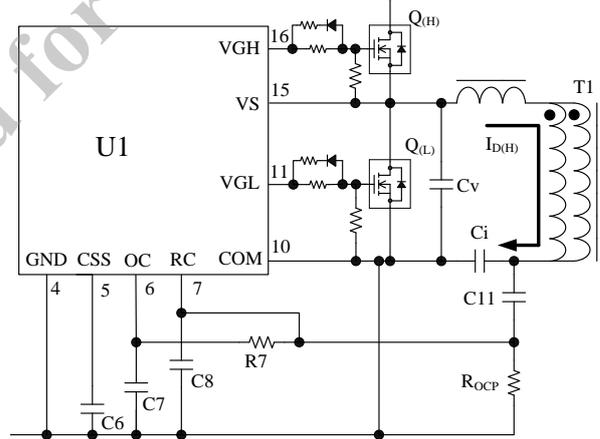


図 8-28 OC 端子、RC 端子周辺回路

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ありません。そのため、 $R_{OCP}$ 、C11 およびフィルタ部の R7、C7 の定数は、実機の動作状態で調整する必要があります。

$R_{OCP}$ 、C11、R7、C7 の定数は以下のように設定します。

- $R_{OCP}$ 、C11  
 $R_{OCP}$  は 100 Ω 前後、C11 は 100 pF～330 pF 程度 ( $C_i$  の 1% 程度) です。  
 High-side パワーMOSFET のオン時の電流を  $I_{D(H)}$  とすると、 $R_{OCP}$  は式(17)で表せます。  
 $R_{OCP}$  の検出電圧は、8.7 項の電流共振外れの検出

にも使用します。そのため、過電流検出と電流共振外れ検出双方で  $R_{OC}$ 、 $C11$  を調整します。

$$R_{OC} \doteq \frac{V_{OC(L)}}{I_{D(H)} \times \left( \frac{C11}{C11 + C_i} \right)} \quad (17)$$

● R7、C7

高周波ノイズ除去用です。

R7 は 100 Ω ~ 470 Ω、C7 は 100pF ~ 1000 pF 程度です。

OC 端子と RC 端子の過電流検出電圧、および CSS 端子のシンク電流を表 8-1 に示します。過電流保護の動作は以下のように 3 段階あります。

1) 過電流検出 (Low)

OC 端子電圧が  $V_{OC(L)}$  以上になると、CSS 端子に接続した C6 をシンク電流  $I_{CSS(L)}$  で放電します。これにより、スイッチング周波数が上昇して、出力電力を抑えます。C6 の放電中に OC 端子電圧が  $V_{OC(L)}$  より下がると、放電を停止します。

2) 過電流検出 (High)

OC 端子電圧が  $V_{OC(H)}$  以上になると、CSS 端子に接続した C6 をシンク電流  $I_{CSS(H)}$  で放電します。 $I_{CSS(H)}$  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。C6 の放電中に OC 端子電圧が  $V_{OC(H)}$  より下がると、前項 1) の動作になります。

3) 過電流検出 (High speed)

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。OC 端子電圧が  $V_{OC(S)}$  以上、または RC 端子電圧が  $|V_{RC(S)}|$  以上になると、パワー MOSFET のオン/オフを反転します。これと同時に、C6 をシンク電流  $I_{CSS(S)}$  で放電します。これにより、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。出力電力を抑え、OC 端子電圧が  $V_{OC(S)}$  より下がるか、RC 端子電圧が  $|V_{RC(S)}|$  以内になると、前項 1)、2) の動作になります。

表 8-1 過電流検出電圧と CSS 端子のシンク電流

過電流保護	端子	検出電圧	CSS 端子シンク電流
Low	OC	$V_{OC(L)} = 1.52 \text{ V}$	$I_{CSS(L)} = 1.8 \text{ mA}$
High	OC	$V_{OC(H)} = 1.83 \text{ V}$	$I_{CSS(H)} = 20.0 \text{ mA}$
High speed	OC	$V_{OC(S)} = 2.35 \text{ V}$	$I_{CSS(S)} = 18.3 \text{ mA}$
	RC	$V_{RC(S)} = 2.35 \text{ V}, -2.35 \text{ V}$	

8.11 過負荷保護機能 (OLP)

図 8-29 に FB 端子の周辺回路、図 8-30 に過負荷保護機能 (OLP : Overload Protection) 動作時の FB 端子の波形を示します。過負荷状態 (過電流動作によりドレイン電流を制限している状態) になると、スイッチング周波数が上昇します。スイッチング周波数が上昇すると、出力電圧が低下し、二次側のフォトカプラに流れる電流がゼロになります。これにより、FB 端子に接続するフォトカプラにフィードバック電流  $I_{FB}$  が流れなくなるため、FB 端子流出電流  $I_{FB} = -25.5 \mu\text{A}$  は FB 端子に接続している C4 を充電し、FB 端子電圧が上昇します。この状態が継続すると、FB 端子電圧が FB 端子しきい電圧  $V_{FB} = 7.05 \text{ V}$  に達して、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。ラッチの解除は、VCC 端子電圧を  $V_{CC(LA,OFF)} = 8.2\text{V}$  以下、または VSEN 端子電圧を  $V_{SEN(OFF)} = 1.16 \text{ V}$  以下にすることで行います。

OLP 機能により、パワー MOSFET および二次側整流ダイオードなどの部品ストレスを軽減します。

FB 端子電圧が  $V_{FB}$  に達するまでの時間を OLP 遅延時間  $t_{DLY}$  とすると (図 8-30 参照)、 $t_{DLY}$  は式 (18) で概算できます。

$R5 = 47 \text{ k}\Omega$ 、 $C4 = 4.7 \mu\text{F}$  の場合  $t_{DLY}$  は約 0.5 s です。

$$t_{DLY} \doteq \frac{(4.05\text{V} - R5 \times |I_{FB}|) \times C4}{|I_{FB}|} \quad (18)$$

ここで、 $I_{FB}$  は FB 端子流出電流  $-25.5 \mu\text{A}$

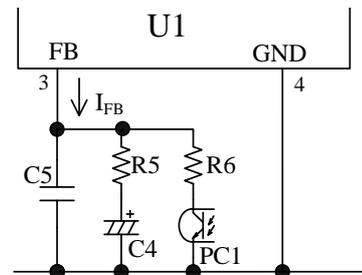


図 8-29 FB 端子周辺回路

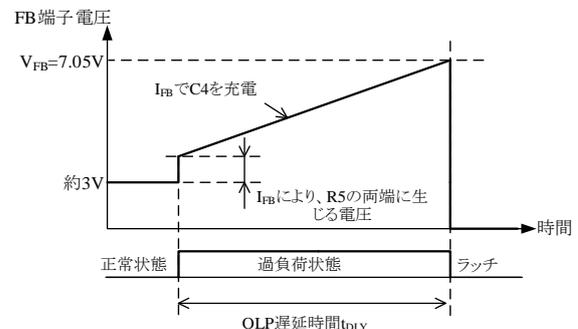


図 8-30 OLP 動作

## 8.12 過電圧保護機能 (OVP)

VCC 端子の電圧が、OVP 動作 VCC 電圧  $V_{CC(OVP)}$  = 31.0 V 以上になると、過電圧保護機能 (OVP : Overvoltage Protection) 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。

ラッチの解除は VCC 端子電圧を  $V_{CC(LA\_OFF)} = 8.2V$  以下、または VSEN 端子電圧を  $V_{SEN(OFF)} = 1.16 V$  以下にすることで行います。

VCC 端子の印加電圧は、絶対最大定格 35 V 以下になるように設定します。

## 8.13 過熱保護機能 (TSD)

IC の制御回路部の温度が、熱保護動作温度  $T_{J(TSD)}$  = 150 °C (min.) に達すると、過熱保護機能 (TSD : Thermal Shutdown) 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。

ラッチの解除は VCC 端子電圧を  $V_{CC(LA\_OFF)} = 8.2V$  以下、または VSEN 端子電圧を  $V_{SEN(OFF)} = 1.16 V$  以下にすることで行います。

## 9. 設計上の注意点

### 9.1 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。

- 入力、出力の平滑用電解コンデンサ  
電解コンデンサは、リップル電流・電圧・温度上昇に対し、適宜設計マージンを設けます。  
また、リップル電圧を低減するため、スイッチング電源設計に適した、低 ESR タイプを推奨します。
- 共振トランス  
共振電源は、トランスのリーケージインダクタンスを用いるため、トランスの巻線は線径の細いリッツ線を束にしたものを使用し、渦電流、表皮効果の影響を小さくします。
- 電流検出用抵抗  $R_{OCP}$   
 $R_{OCP}$  は、高周波スイッチング電流が流れるため、内部インダクタンスが小さく、かつ許容損失を満足するものを使用します。

- 電流共振用コンデンサ  $C_i$

$C_i$  には、大きな共振電流が流れます。 $C_i$  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。また、 $C_i$  には高周波数の電流が流れるため、コンデンサの周波数特性を考慮する必要があります。

- 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す。VGH、VGL 端子のソース電流のピークは - 515 mA、シンク電流のピークは 685 mA です。

図 9-1 の  $R_A$ 、 $R_B$ 、 $D_S$  は、パワー MOSFET の損失、ゲート波形 (配線パターンによるリンギング低減など)、EMI ノイズにより調整します。

$R_{GS}$  は、パワー MOSFET がターンオフするときの急峻な  $dv/dt$  による誤動作防止用です。 $R_{GS}$  は、10 k $\Omega$  ~ 100 k $\Omega$  程度をパワー MOSFET のゲートとソースの近くに接続します。

なお、ゲート抵抗を調整する際は、パワー MOSFET のゲート波形を確認し、図 9-2 のようにデッドタイムが確保できているか確認する必要があります。

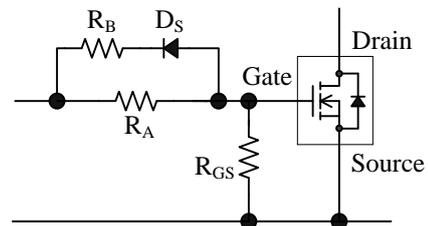


図 9-1 MOSFET ゲート周辺回路

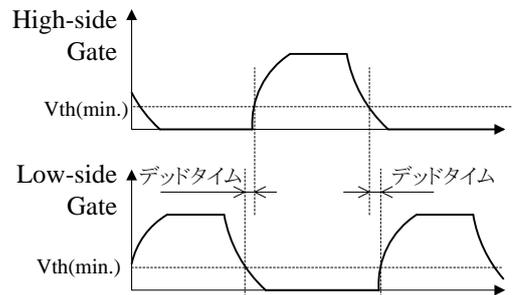


図 9-2 デッドタイムの確認

## 9.2 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、図 9-3 に示す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。

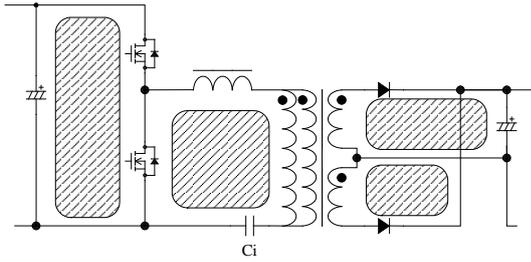


図 9-3 高周波電流ループ

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 の周辺回路例を示します。

### 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は極力太く、電流ループを小さく配線します。

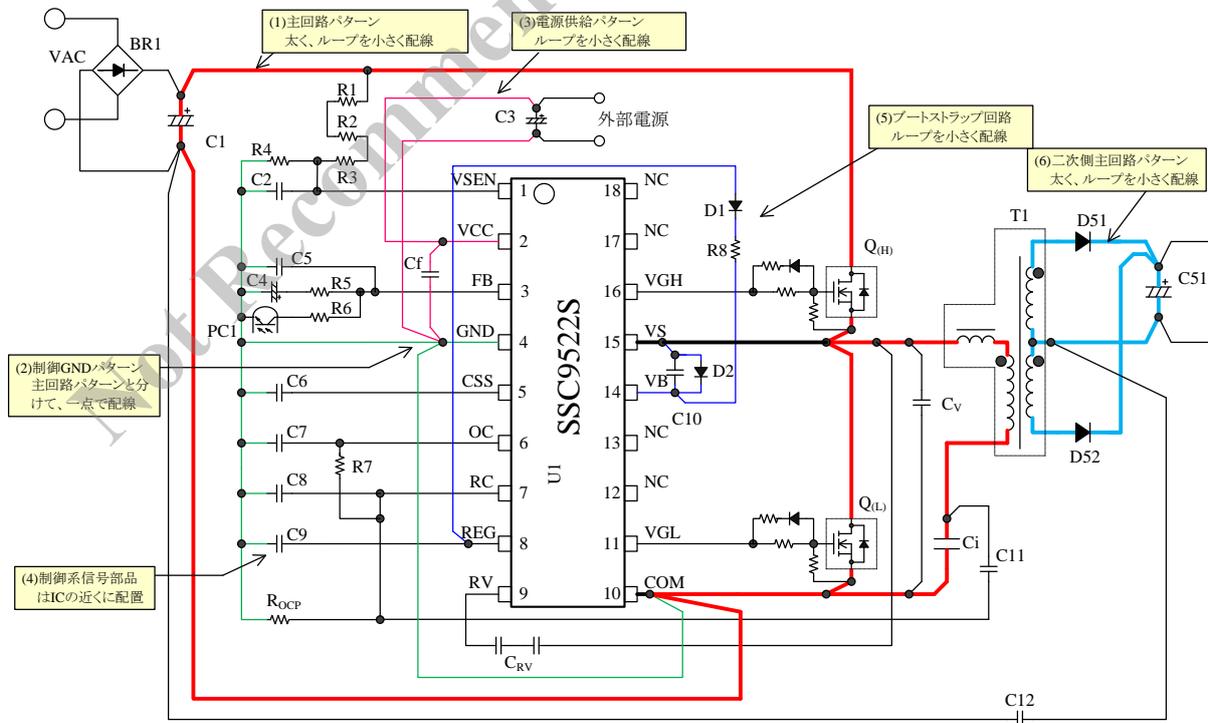


図 9-4 電源 IC 周辺回路の接続例

### 2) 制御系 GND パターン

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、主回路パターンの配線と分けて、GND 端子のできるだけ近くに一点で配線します。

### 3) VCC 端子周り

このパターンは、IC の電源供給用パターンのため、極力電流ループを小さく配線します。

IC と電解コンデンサ C3 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<sub>f</sub> (0.1μF~1.0μF 程度)などを追加します。

### 4) IC の制御信号系部品

IC の制御信号系部品は、IC の近くに配置し、できるだけ短いパターンで IC の端子に接続します。

### 5) ブートストラップ回路

部品は IC の近くに配置し、できるだけ小さいループで IC の端子に配線します。

### 6) 二次側整流平滑回路

このパターンは、スイッチング電流が流れる二次側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。

## 注意書き

- 本書に記載している製品（以下、「本製品」という）のデータ、図、表その他のすべての内容は本書発行時点のものとなります。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弊社販売窓口を確認してください。
- 本製品は、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）の部品に使用されることを意図しております。ご使用の際には、納入仕様書に署名または記名押印のうえご返却をお願いします。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、必ず事前にその使用の適否につき弊社販売窓口へご相談および納入仕様書に署名または記名押印のうえご返却をお願いします。本製品は、極めて高い信頼性が要求される機器または装置（航空宇宙機器、原子力制御、その故障や誤動作が生命や人体に危害を及ぼす恐れのある医療機器（日本における法令でクラスⅢ以上）など）（以下「特定用途」という）に使用されることは意図されておりません。特定用途に本製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害などに関し、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品の使用にあたり、本製品に他の製品・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必ずご検討のうえ行ってください。
- 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。本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、故障発生率およびディレーティングなどを考慮のうえ、使用者の責任において、本製品が使用される装置やシステム上で十分な安全設計および確認を含む予防措置を必ず行ってください。ディレーティングについては、納入仕様書および弊社ホームページを参照してください。
- 本製品は耐放射線設計をしておりません。
- 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。
- 本書に記載している回路定数、動作例、回路例、パターンレイアウト例、設計例、推奨例、本書に記載しているすべての情報およびこれらに基づく評価結果などは、使用上の参考として示したもので、これらに起因する使用者もしくは第三者のいかなる損害および知的財産権を含む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。
- 本書に記載している技術情報（以下、「本技術情報」という）は、本製品の使用上の参考として示したもので、弊社の所有する知的財産権その他権利の実施、使用を許諾するものではありません。
- 使用者と弊社との間で別途文書による合意がない限り、弊社は、本製品の品質（商品性、および特定目的または特別環境に対する適合性を含む）ならびに本書に記載の情報（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。
- 本製品を使用する場合は、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令など、適用可能性がある環境関連法令を十分に調査したうえで、当該法令に適合するよう使用してください。
- 本製品および本技術情報を、大量破壊兵器の開発を含む、軍事用途や軍事利用の目的で使用しないでください。また、本製品および本技術情報を輸出または非居住者などに提供する場合は、「米国輸出管理規則」、「外国為替及び外国貿易法」など、各国の適用のある輸出管理法令などを遵守してください。
- 弊社物流網以外での本製品の落下などの輸送中のトラブルについて、弊社は一切責任を負いません。
- 本書は、正確を期すため慎重に製作したのですが、弊社は本書に誤りがないことを保証するものではなく、万一本書に記載している内容の誤りや欠落に起因して使用者に損害が生じた場合においても、弊社は一切責任を負いません。
- 本製品を使用するときに特に注意することは納入仕様書、一般的な使用上の注意は弊社ホームページを参照してください。
- 本書で使用される個々の商標、商号に関する権利は、弊社その他の原権利者に帰属します。