

STR2W100D シリーズ
アプリケーションノート Rev.3.1

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

概要	3
1. 絶対最大定格	4
2. 電気的特性	5
2.1 制御部電気的特性	5
2.2 MOSFET 部電気的特性	5
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 起動動作	9
8.2 ソフトスタート機能	12
8.3 定電圧制御回路動作	13
8.4 オートスタンバイ機能	14
8.5 ランダムスイッチング機能	14
8.6 自動入力補正付き過電流保護機能(OCP)	15
8.7 過電圧保護機能(OVP)	16
8.8 過負荷保護機能(OLP)	16
8.9 過熱保護回路(TSD)	16
9. 設計上の注意点	17
9.1 外付け部品	17
9.2 位相補償	17
9.3 パターン設計	18
注意書き	20

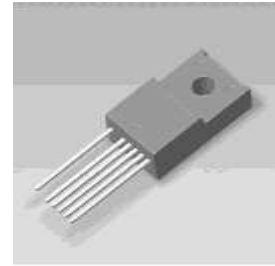
概要

STR2W100D シリーズは、パワーMOSFET と電流モード型 PWM 制御 IC を 1 パッケージにした PWM 型スイッチング電源用パワーIC です。

低消費電力および低スタンバイ電力に対応するため、起動回路とスタンバイ機能を内蔵しており、通常動作時は PWM 動作、軽負荷時はバースト発振動作へ自動的に切り替わります。充実した保護機能により、構成部品が少なく、コストパフォーマンスの高い電源システムを容易に構成できます。

パッケージ

TO-220F-6L



特長

- 電流モード型 PWM 制御
- ランダムスイッチング機能内蔵
(EMI ノイズの低減、EMI 対策用フィルタの簡素化、外付け部品削減によるコストダウン)
- スロープ補正機能搭載 (サブハーモニック発振の防止)
- リーディング・エッジ・ブランキング機能内蔵
- オートスタンバイ機能内蔵
無負荷時入力電力 $P_{IN} < 25mW$ 、低消費電力対応
通常動作時: PWM モード
スタンバイ時 (軽負荷時): スタンバイモード (バースト発振動作)
- ソフトスタート機能内蔵
(電源起動時のパワーMOSFET および 2 次側整流ダイオードのストレス低減)
- 保護機能
入力補正機能付き過電流保護 (OCP)
-----パルス・バイ・パルス方式
タイマ内蔵型過負荷保護 (OLP) ----- 自動復帰
過電圧保護 (OVP) ----- 自動復帰
過熱保護 (TSD) ----- 自動復帰

アプリケーション

- 白物家電用
- デジタル家電用
- OA 機器用
- 産業機器用
- 通信機器用
などの各種電子機器用スイッチング電源

シリーズラインアップ

製品名	f _{osc}	MOSFET		P _{OUT} * AC230V / AC85~AC265V
		V _{DSS} (MIN)	R _{DS(ON)} (MAX)	
STR2W152D	67kHz	650V	3.0Ω	60W / 40W
STR2W153D			1.9Ω	90W / 60W

*上記出力電力は熱定格に基づいています。最大出力電力は熱定格の 120~140%程度まで出力可能です。ただし、出力電圧が低い場合やトランス設計時の ON Duty の設定により、出力電力の制限を受けることがあります。

1. 絶対最大定格

- 詳細内容は、製品ごとの仕様書を参照願います
- 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
- 特記のない場合の条件 $T_a = 25^\circ\text{C}$

項目	端子	記号	測定条件	規格値	単位	備考
ドレインピーク電流	1-3	I_{DPEAK}	シングルパルス	6.0	A	STR2W152
				9.5	A	STR2W153
ドレインピーク電流	1-3	I_{DMAX}	$T_a = -20 \sim 125^\circ\text{C}$	6.0	A	STR2W152
				9.5	A	STR2W153
アバランシェエネルギー耐量	1-3	E_{AS}	シングルパルス $V_{DD} = 99\text{V}, L = 20\text{mH}$	62	mJ	STR2W152
				86	mJ	STR2W153
		I_{LPEAK}		2.3	A	STR2W152
				2.7	A	STR2W153
S / O C P 端子電圧	3-5	V_{OCP}		2~6	V	
制御部電源電圧	4-5	V_{CC}		32	V	
FB / O L P 端子電圧	6-5	V_{FB}		-0.3~14	V	
FB / O L P 端子流入電流	6-5	I_{FB}		1.0	mA	
MOSFET 部許容損失	1-3	P_{D1}	無限大放熱器 放熱器なし	23.8	W	STR2W152
				26.5	W	STR2W153
				1.3	W	
制御部許容損失 (MIC)	4-5	P_{D2}		0.13	W	$V_{CC} \times I_{CC}$ で規定
動作時内部フレーム温度 *	—	T_F		-20~+115	$^\circ\text{C}$	
動作周囲温度	—	T_{OP}		-20~+115	$^\circ\text{C}$	
保存温度	—	T_{stg}		-40~+125	$^\circ\text{C}$	
チャネル温度	—	T_{ch}		+150	$^\circ\text{C}$	

* 動作時内部フレームの推奨動作温度は $T_F = 105^\circ\text{C}(\text{MAX})$

2. 電気的特性

- 詳細内容は、製品ごとの仕様書を参照願います
- 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

2.1 制御部電気的特性

特記がない場合の条件 $V_{CC}=18V$ 、 $T_a=25^\circ C$

項目	端子	記号	規格値			単位	備考
			MIN	TYP	MAX		
動作開始電源電圧	4-5	$V_{CC(ON)}$	13.8	15.3	16.8	V	
動作停止電源電圧*	4-5	$V_{CC(OFF)}$	7.3	8.1	8.9	V	
動作時回路電流	4-5	$I_{CC(ON)}$	—	—	2.5	mA	$V_{CC}=12V$
最低起動電圧	4-5	$V_{ST(ON)}$	—	40	—	V	
起動電流	4-5	$I_{STARTUP}$	-3.9	-2.5	-1.1	mA	$V_{CC}=13.5V$
起動電流供給しきい電圧*	4-5	$V_{CC(BIAS)}$	8.5	9.5	10.5	V	$I_{CC}=-100\mu A$
平均発振周波数	1-5	$f_{OSC(AVG)}$	60	67	74	kHz	
発振周波数変動幅	1-5	Δf	—	5	—	kHz	
最大 ON Duty	1-5	D_{MAX}	65	74	83	%	
リーディング・エッジ・ブランキング時間	—	t_{BW}	—	390	—	ns	
過電流補正值	—	DPC	—	17	—	mV/ μs	
過電流補正制限 Duty	—	D_{DPC}	—	36	—	%	
ゼロ ON duty 時 OCP しきい電圧	3-5	$V_{OCP(L)}$	0.69	0.78	0.87	V	
36% duty 時 OCP しきい電圧	3-5	$V_{OCP(H)}$	0.79	0.88	0.97	V	
最大フィードバック電流	6-5	$I_{FB(MAX)}$	-280	-170	-90	μA	$V_{CC}=12V$
最小フィードバック電流	6-5	$I_{FB(MIN)}$	-30	-15	-7	μA	
発振停止 FB/OLP 電圧	6-5	$V_{FB(OFF)}$	1.3	1.4	1.5	V	$V_{CC}=32V$
OLP しきい電圧	6-5	$V_{FB(OLP)}$	7.3	8.1	8.9	V	$V_{CC}=32V$
OLP 動作後回路電流	4-5	$I_{CC(OLP)}$	—	230	—	μA	$V_{CC}=12V$
OLP 遅延時間	1-5	t_{OLP}	54	68	82	ms	
FB/OLP 端子クランプ電圧	6-5	$V_{FB(CLAMP)}$	11	12.8	14	V	
OV 保護 しきい電圧	4-5	$V_{CC(OVP)}$	26	29	32	V	
熱保護動作温度	—	$T_{j(TSD)}$	130	—	—	$^\circ C$	

* $V_{CC(BIAS)} > V_{CC(OFF)}$ の関係が成り立つ

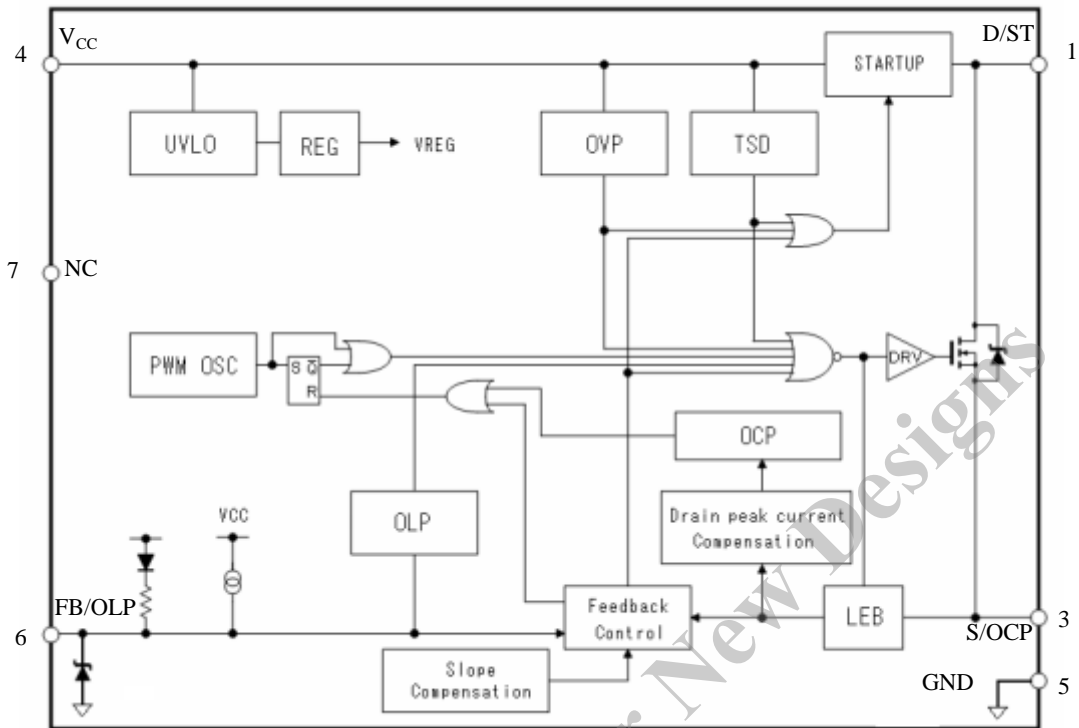
2.2 MOSFET 部電気的特性

特記がない場合の条件 $T_a=25^\circ C$

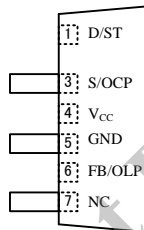
項目	端子	記号	規格値			単位	備考
			MIN	TYP	MAX		
ドレイン・ソース間電圧	1-5	V_{DSS}	650	—	—	V	
ドレイン漏れ電流	1-5	I_{DSS}	—	—	300	μA	
ON 抵抗	1-5	$R_{DS(ON)}$	—	—	3.0	Ω	STR2W152
			—	—	1.9	Ω	STR2W153
スイッチング・タイム	1-5	t_f	—	—	250	ns	
熱抵抗*	—	θ_{ch-F}	—	—	2.48	$^\circ C/W$	STR2W152
			—	—	1.95	$^\circ C/W$	STR2W153

* チャンネル内部フレーム間の熱抵抗

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	D/ST	MOSFET ドレイン／起動電流入力
3	S/OCP	MOSFET ソース／過電流検出信号入力
4	V _{CC}	制御回路電源入力／過電圧保護信号入力
5	GND	グラウンド
6	FB /OLP	定電圧制御信号入力／過負荷保護信号入力
7	NC	—

5. 応用回路例

- 放熱効果を上げるため、D/ST 端子 (1 番ピン) のパターンを極力広くします。
- V_{DS} サージ電圧が大きくなる電源仕様の場合は、P 巻線間に CRD クランプスナバ回路や、ドレイン・ソース間に C または CR ダンパースナバ回路を追加します。

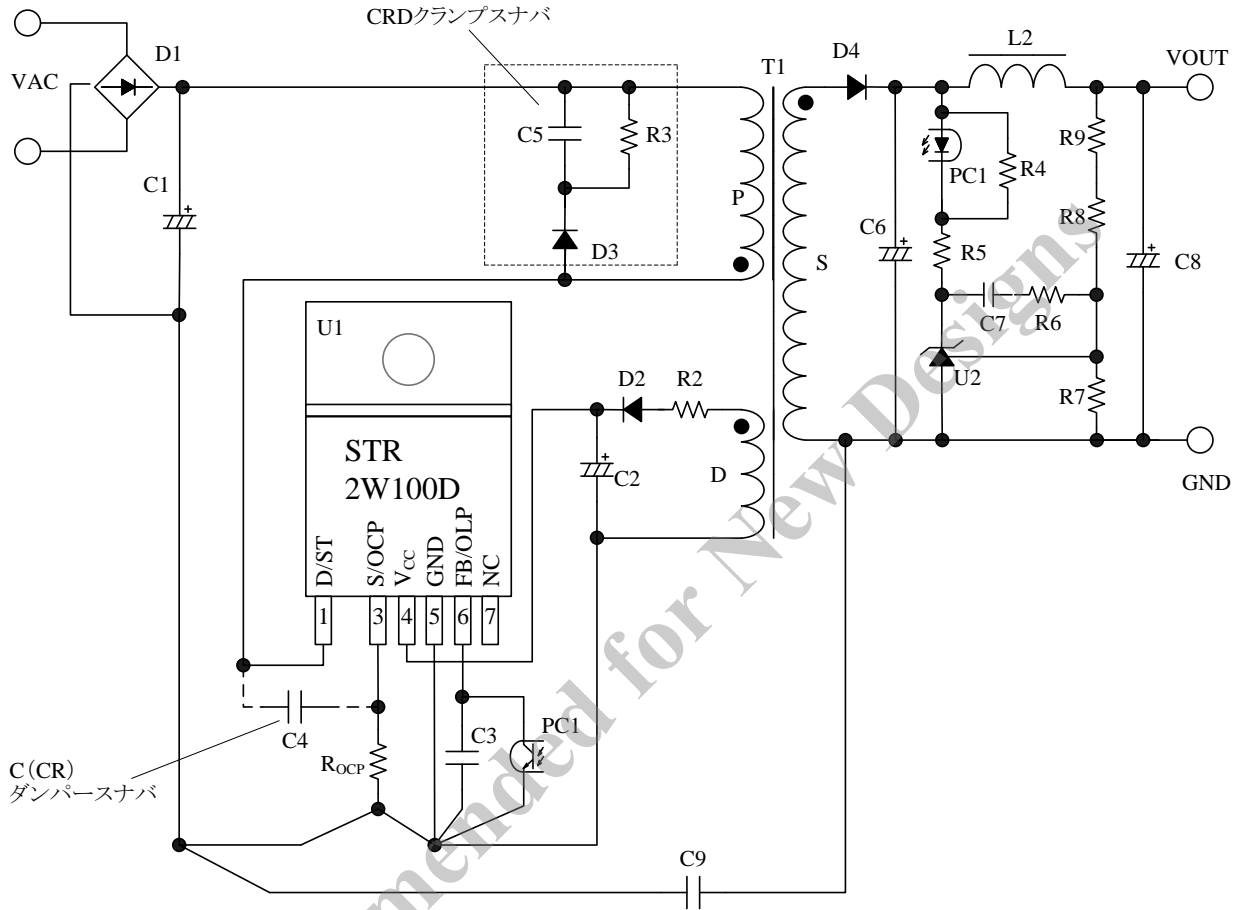
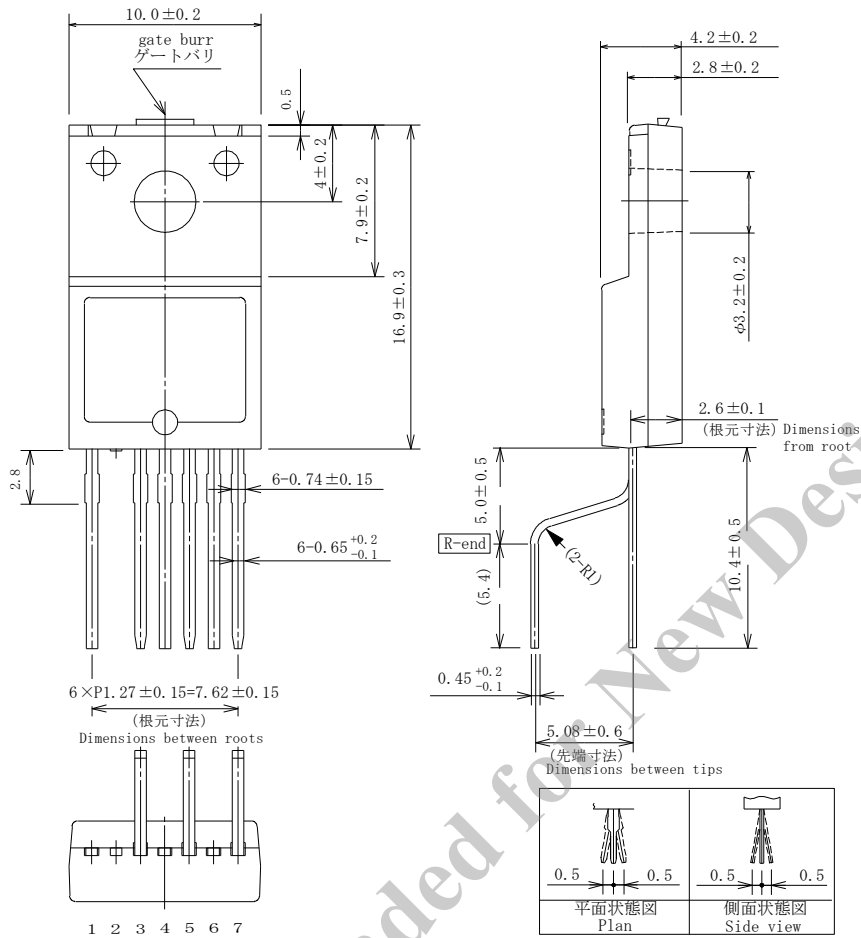


図 5-1 応用回路例

6. 外形図

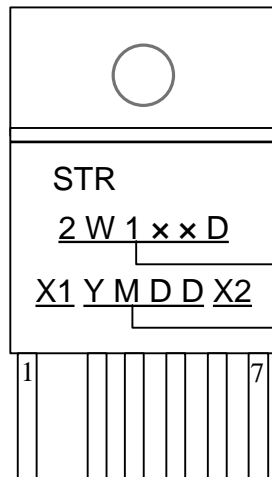
TO-220F-6L パッケージ



NOTES:

- 1) 単位: mm
- 2) - - - - 部は高さ 0.3mm(MAX)のゲートバリ発生箇所を示す
- 3) 標準リードフォーミング (No.LF2003)
- 4) 2番端子は、高圧端子 (1番ピン) と低圧端子 (3番ピン) の沿面距離および空間距離を確保するため、抜きピン
- 5) 端子部 Pb フリー品(RoHS 対応)です

7. 捺印仕様



- Part Number
 Lot Number
 X1 = Sanken Control Number
 Y = Last Digit of Year (0-9)
 M = Month (1-9,O,N or D)
 DD = Day (01-31)
 X2 = Sanken Control Number

8. 動作説明

特記なき場合の特性数値は、STR2W153D の仕様に準じ、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 起動動作

V_{CC} 端子周辺回路を図 8-1 に示します。

本 IC は起動回路を内蔵し、起動回路は D/ST 端子に接続しています。

IC 内部で定電流化した起動電流 I_{STARTUP}= -2.5mA は、V_{CC} 端子に接続した電解コンデンサ C2 を充電し、V_{CC} 端子電圧が動作開始しきい値 V_{CC(ON)}= 15.3V まで上昇すると、制御回路が動作を開始します。

電源起動後、起動回路は自動的に IC 内部で遮断するため、起動回路による電力消費はなくなります。

起動時間は、C2 のコンデンサ容量で決まり、一般的な電源仕様の場合、10μF~47μF 程度になります。

なお、起動時間の概算値は次式(1)で算出します。

$$t_{START} = C2 \times \frac{V_{CC(ON)} - V_{CC(INT)}}{|I_{STARTUP}|} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、

- t_{START} : 起動時間 (s)
- V_{CC(INT)} : V_{CC} 端子の初期電圧 (V)

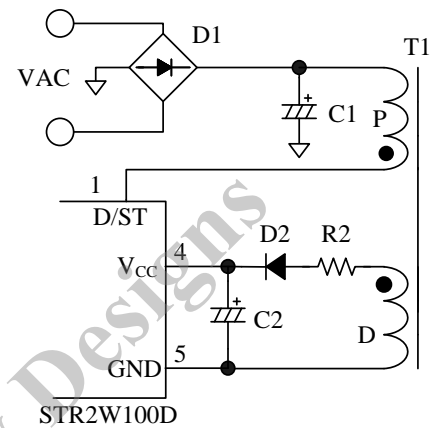


図 8-1 V_{CC} 端子周辺回路

V_{CC} 端子電圧と回路電流 I_{CC} の関係を図 8-2 に示します。

V_{CC} 端子電圧が動作開始しきい値 V_{CC(ON)}= 15.3V に達すると、制御回路が動作を開始し、回路電流が増加します。制御回路動作後、V_{CC} 端子電圧が動作停止しきい値 V_{CC(OFF)}= 8.1V 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。

制御回路が動作すると、V_{CC} 端子への印加電圧は、図 8-1 の補助巻線 D から整流平滑した電圧 (補助巻線電圧 V_D) になります。補助巻線 D の巻数は、電源仕様の入出力変動範囲内で、V_{CC} 端子電圧が次式(2)の範囲になるように、調整します。

補助巻線電圧の目安は 15~20V 程度になります。

$$10.5(V)(V_{CC(BIAS)MAX}) < V_{CC} < 26.0(V)(V_{CC(OVP)MIN}) \quad \text{----- (2)}$$

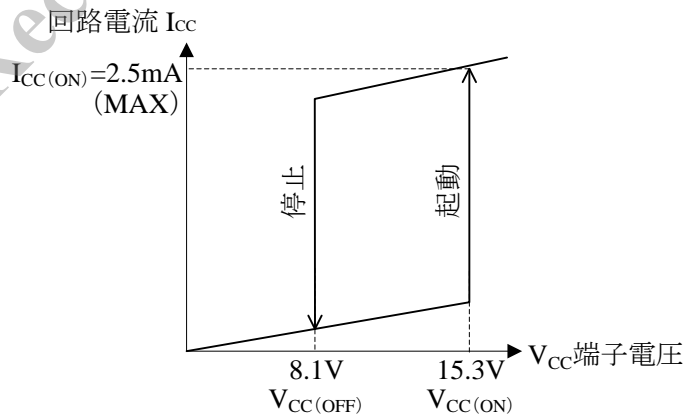


図 8-2 V_{CC} 端子電圧と回路電流 I_{CC}

電源起動時の V_{CC} 端子電圧波形例を図 8-3 に示します。 V_{CC} 端子電圧が $V_{CC(ON)}=15.3V$ に達すると、IC が動作開始して IC の回路電流が増加するため、 V_{CC} 端子電圧が低下します。それと同時に補助巻線電圧 V_D は出力電圧の立ち上がり電圧に比例して上昇します。これら電圧のバランスが V_{CC} 端子電圧を作ります。

パワーMOSFET がターンオフした瞬間に発生するサージ電圧は、出力巻線に誘起します。起動時の出力負荷が軽負荷の場合、この誘起した電圧が原因でフィードバック制御がかかり、出力へ送る電力を抑制する場合があります。出力電力が低下すると、 V_{CC} 端子電圧も低下し、 $V_{CC(OFF)}=8.1V$ に達すると、制御回路が停止して起動不良が生じる場合があります。

これを防ぐため、 V_{CC} 端子電圧が起動電流供給しきい値 $V_{CC(BIAS)}=9.5V$ に低下すると、バイアスアシスト機能が動作します。バイアスアシスト機能が動作している間は、起動回路から起動電流を供給し、 V_{CC} 端子電圧の低下を抑え、 V_{CC} 端子電圧がほぼ一定電圧になるように動作します。バイアスアシスト機能により、C2 は低い容量が使用できるため、電源投入時の起動時間を短くできます。また、出力過電圧時に V_{CC} 端子電圧の上昇が早くなるため、過電圧保護機能の応答時間も短縮できます。

なお、起動不良が起きないよう、最終的に実働で確認および調整が必要です。

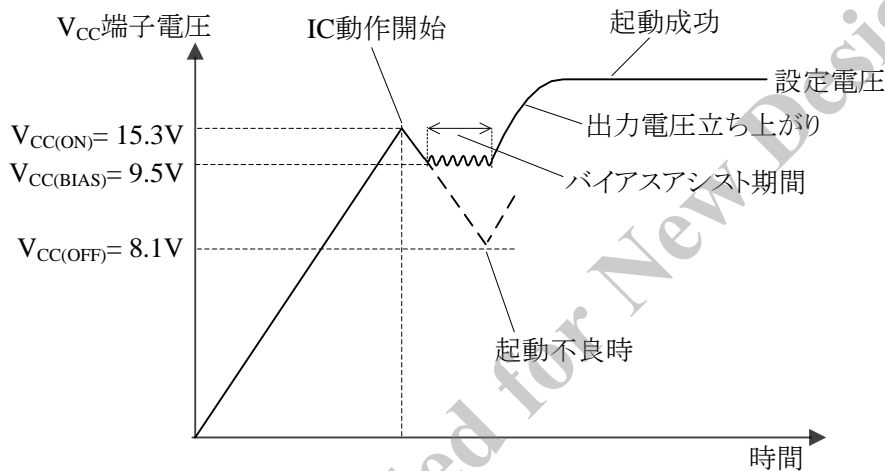


図 8-3 起動時の V_{CC} 端子電圧

実際の電源回路は、図 8-4 のように 2 次側出力電流 I_{OUT} により V_{CC} 端子電圧が増加し、過電圧保護動作 (OVP) になる場合があります。これは、パワーMOSFET がターンオフした瞬間に発生するサージ電圧が補助巻線にも誘起し、C2 をピーク充電するためです。これを防止するには、図 8-5 のように、整流ダイオード D2 と直列に、抵抗 R2 (数 Ω ~ 数十 Ω) の追加が有効です。

ただし、出力電流に対する V_{CC} 端子電圧の変化は、使用するトランスの構造により異なるため、実際に使用するトランスに合わせて R2 の最適値を調整する必要があります。

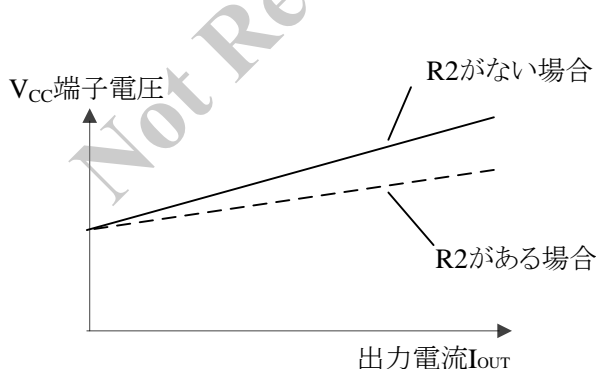


図 8-4 R2 による出力電流 I_{OUT} - V_{CC} 端子電圧

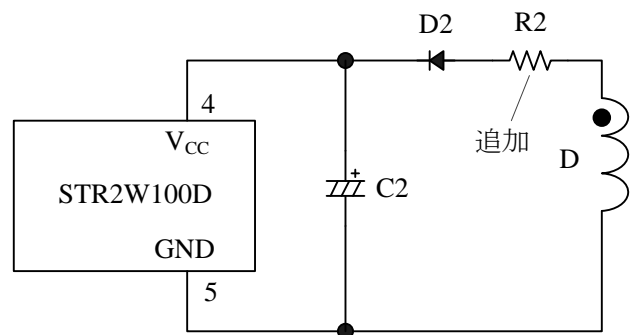


図 8-5 出力電流 I_{OUT} の影響が受けにくい V_{CC} 端子周辺回路

次の場合、出力電流 I_{OUT} に対する V_{CC} 端子電圧の変化率が悪化するため、トランス設計時は補助巻線 D の巻き位置に注意が必要です。

- トランスの 1 次と 2 次間の結合が悪く、サージ電圧が高くなる場合 (低出力電圧、大電流負荷仕様など)
- 補助巻線 D と 2 次側安定化出力巻線 (定電圧制御をしている出力ラインの巻線) の結合が悪く、サージ電圧の変動を受けやすい場合

V_{CC} 端子のサージ電圧の影響を低減するため、補助巻線 D の巻き位置を考慮したトランス参考例を図 8-6 に示します。

- 巻線構造例①
補助巻線 D を 1 次側巻線 P1 と P2 から離す構造
P1、P2 は 1 次側巻線を 2 分割した巻線
- 巻線構造例②
2 次側安定化出力巻線 S1 と補助巻線 D の結合を良くする構造
2 出力巻線 S1、S2 中、S1 は安定化出力巻線 (定電圧制御をしている出力ラインの巻線)

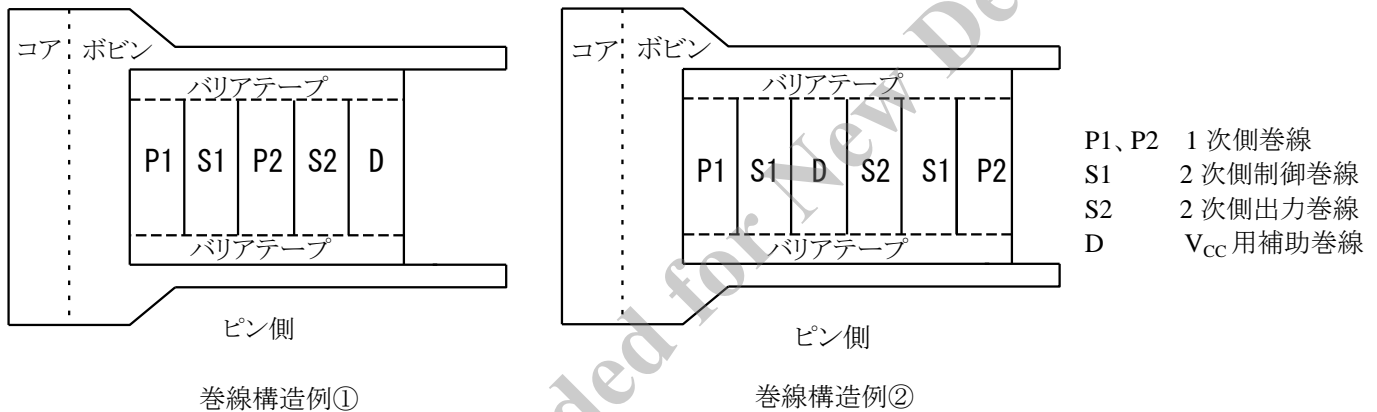


図 8-6 巻線構造例

8.2 ソフトスタート機能

図 8-7 に起動時の動作波形を示します。

本 IC は、電源起動時にソフトスタート機能が動作します。ソフトスタート動作期間は、IC 内部で約 7ms に設定しており、この期間に過電流しきい値が 5 段階でステップアップします。これにより、MOSFET および 2 次側整流ダイオードの、電圧・電流ストレスを低減します。

ソフトスタート動作期間は、リーディング・エッジ・ブランキング機能(7.3 定電圧制御回路動作参照)が無効になるため、 $t_{BW}=390\text{ns}$ 以下の ON 時間となる場合があります。

なお、OLP デイレイ時間や起動時の V_{CC} 端子電圧値は、最終的に実働で確認および調整が必要です。

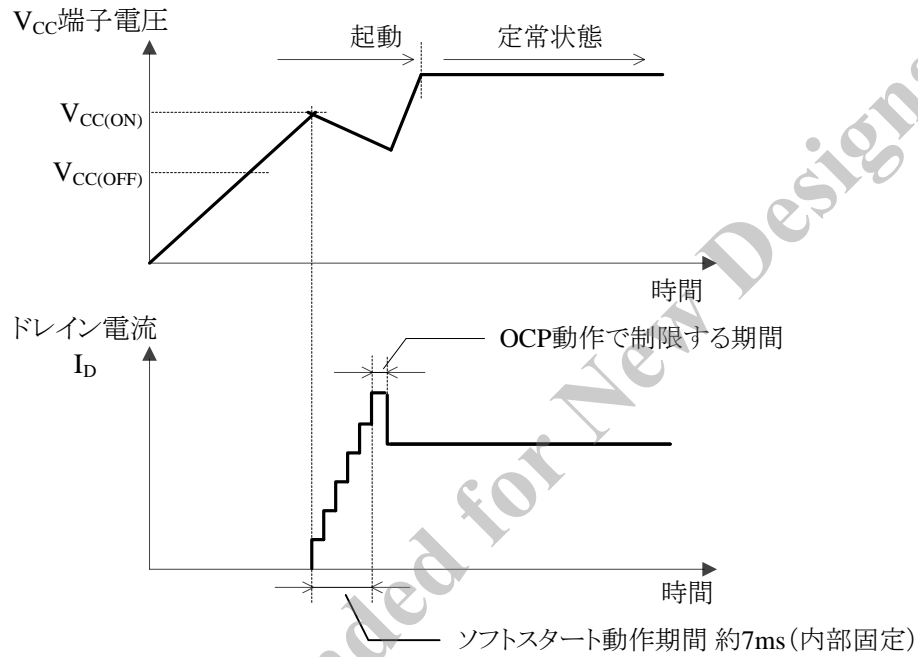


図 8-7 起動タイミング動作

8.3 定電圧制御回路動作

出力電圧の定電圧制御は、過渡応答および安定性に優れた電流モード制御(ピーク電流モード制御)を使用しています。

本 IC は、電流検出抵抗の電圧 (V_{ROCP}) と目標電圧 (V_{SC}) を内部の FB コンパレータで比較し、 V_{ROCP} のピーク値が V_{SC} に近づくように制御します。

V_{SC} は、FB/OLP 端子の電圧を Feedback Control 回路(3.ブロック図参照)に入力し、スロープ補正を加えて作ります。(図 8-8、図 8-9 参照)

- 軽負荷の場合

負荷が軽くなると、出力電圧の上昇に伴い2次側エラーアンプのフィードバック電流 (I_{FB}) が増加します。この電流をフォトカプラを介して引き抜くことにより、FB/OLP 端子電圧は低下します。これにより、目標電圧 V_{SC} が下がるため、 V_{ROCP} のピーク値が低下するように制御を行います。その結果、ドレイン電流のピーク値が減少し、出力電圧の上昇を抑えます。

- 重負荷の場合

負荷が重くなると、軽負荷時の逆の動作になり、FB コンパレータの目標電圧が高くなるため、ドレイン電流のピーク値が増加し、出力電圧の低下を抑えます。

ピーク電流モード制御の PWM 方式が連続モードで動作すると、ドレイン電流波形が台形波状になります。

このモードは、制御量(目標電圧)で決まるドレインピーク電流値が一定でも、ON 期間がドレイン電流の初期値により変化するため、図 8-10 のように ON 期間がスイッチング周期の整数倍で変動するサブハーモニック発振が生じます。

これを防ぐため、FB/OLP 端子電圧信号にダウンスロープ補正 (ON Duty が広がるほどドレインピーク電流値を下げる) 信号加えて目標電圧 V_{SC} を作り、サブハーモニック発振を抑える制御を行います。なお、フィードバック制御が外れる電源過渡状態(電源起動時、負荷短絡時など)では、サブハーモニック発振が発生する場合がありますが、動作上の問題はありません。

ピーク電流モード制御方式は、パワーMOSFET がターンオンしたときに発生する急峻なサージ電流により、FB コンパレータや過電流保護回路(OCP)が応答し、パワーMOSFET がオフする場合があります。

この現象を防ぐため、パワーMOSFET がターンオンした瞬間からブランキング時間 $t_{BW} = 390ns$ を設け、ターンオン時のドレイン電流サージに反応しないようにしています(リーディング・エッジ・ブランキング機能)。

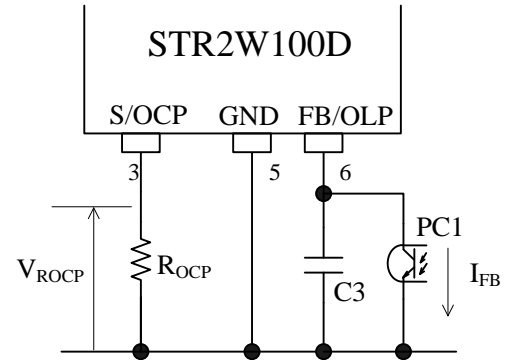


図 8-8 FB/OLP 端子周辺回路

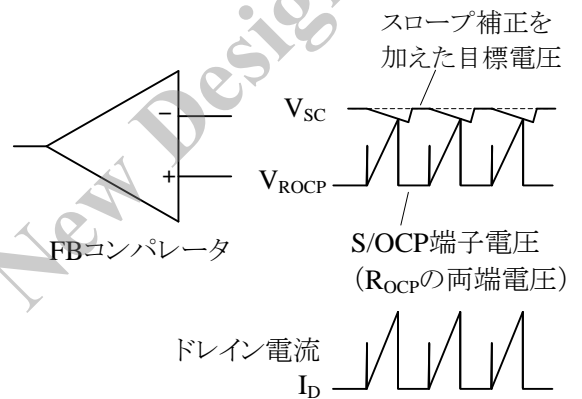


図 8-9 定常時の I_D と FB コンパレータ動作

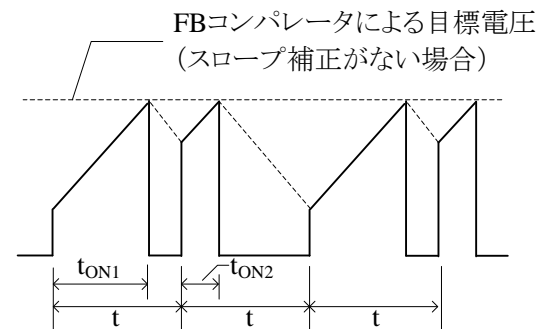


図 8-10 サブハーモニック発振時のドレイン電流波形例

8.4 オートスタンバイ機能

オートスタンバイ機能とは、スタンバイ負荷時のドレイン電流 I_D が、最大ドレイン電流(過電流状態)の約 25~30% 以下に減少すると、自動的にスタンバイモードに切り替わり、バースト発振動作を行います(図 8-11)。

バースト発振動作は、スイッチング動作を停止する期間があるため、スイッチング損失を低減し、軽負荷時の効率改善ができます。

一般的に、軽負荷時の効率をより改善するため、バースト発振周波数は数 kHz 以下になります。

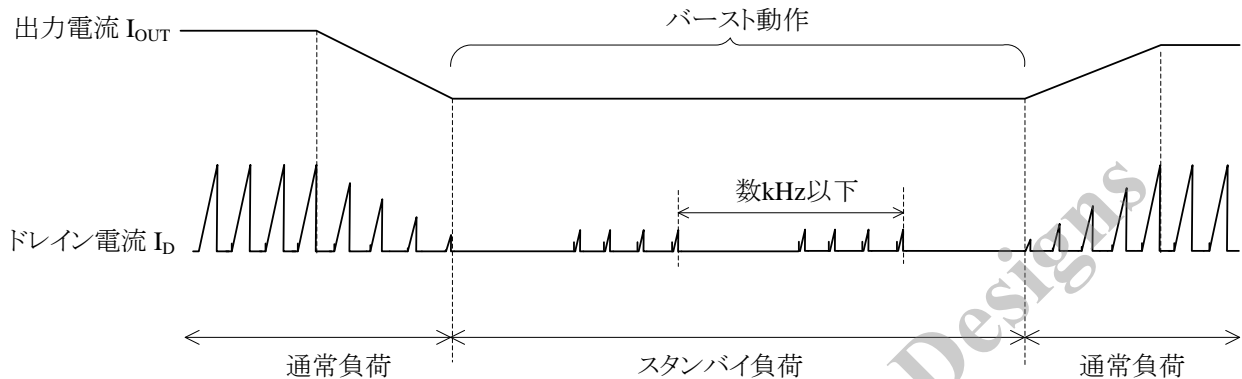


図 8-11 オートスタンバイ タイミング波形

バースト発振動作に切り替わる過渡期間に、 V_{CC} 端子電圧が起動電流供給しきい値 $V_{CC(BIAS)} = 9.5V$ に低下すると、バイアスアシスト機能が動作し、起動電流 $I_{STARTUP}$ を供給します。これにより V_{CC} 端子電圧の低下を抑え、安定したスタンバイ動作が行えます。

なお、定常動作時(バースト発振動作を含む)にバイアスアシスト機能が動作すると、消費電力が増加するため、 V_{CC} 端子電圧は常に $V_{CC(BIAS)}$ より高くする必要があり、トランスの巻数比や図 8-5 の $R2$ を小さくするなどの調整が必要です。

8.5 ランダムスイッチング機能

本 IC は、PWM 平均発振周波数 $f_{OSC(AVG)} = 67kHz$ に周波数変動を重畳する機能を内蔵しています。

スイッチング動作中は、 $f_{OSC(AVG)}$ に対して、 $\Delta f = 5kHz$ の範囲でランダムに微変動します。

これにより、この機能がない製品と比較し、雑音端子電圧(コンダクションノイズ)が低減するため、入力部のノイズフィルタなどを簡略化できます。

8.6 自動入力補正付き過電流保護機能(OCP)

過電流保護機能(OCP)は、パワーMOSFET のドレインピーク電流値を、S/OCP 端子と GND 端子間の電流検出抵抗 R_{OCP} で検出し、 R_{OCP} の電圧降下が OCP しきい値に達すると、パワーMOSFET をターンオフして電力を制限します(パルス・バイ・パルス方式)。

一般的な PWM 制御 IC は、制御系を含めた回路に伝播遅延時間があります。そのため、AC 入力電圧が高く、ドレイン電流傾斜が急峻なほど、実際に流れるドレインピーク電流は、IC 内部の過電流しきい値よりも大きくなります。このため、図 8-12 の出力過負荷特性のように、AC 入力電圧の変化に対し、OCP 動作時の出力電流にバラツキが生じる傾向があります。

この OCP 動作時の出力電流バラツキを低減するため、本 IC は入力補正機能を内蔵しています。入力補正機能とは、AC 入力電圧に対し、図 8-13 に示す一定の傾斜を持つ補正信号を S/OCP 端子の検出信号に重畳して、過電流しきい値を変える機能です。

この機能により、外付け部品を追加せずに、過電流保護機能の AC 入力電圧依存性を抑制できます。

なお、AC 入力電圧が低い(ON Duty が広い)ときは、補正後の過電流しきい値が高くなります。そのため、AC 入力電圧が高い(ON Duty が狭い)ときとの出力電流ピークの差は、小さくなります。

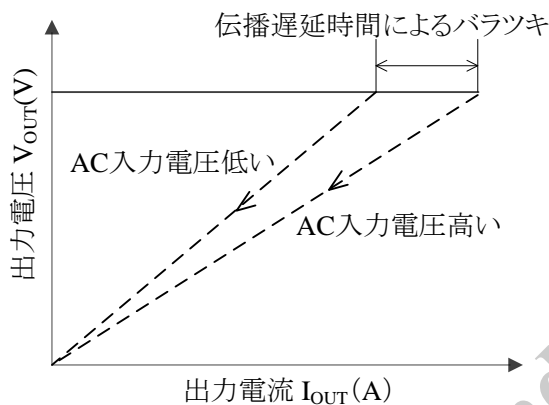


図 8-12 過電流入力補正がない場合の出力過負荷特性

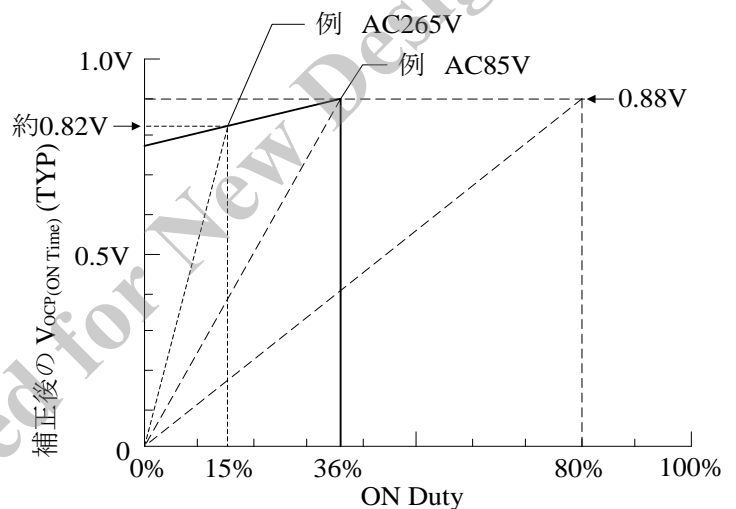


図 8-13 $f_{OSC(AVG)}=67kHz$ 時の ON 時間と補正後の V_{OCP}

補正信号量は ON 時間に依存し、ON 時間に対する補正後の OCP しきい電圧 $V_{OCP(ONTime)}$ は次式(3)になります。ただし、ON Duty が 36% 以上になる ON 時間は、 $V_{OCP(H)}=0.88V$ 一定になります。

$$V_{OCP(ONTime)}(V) = V_{OCP(L)}(V) + DPC(mV/\mu s) \times ONTime(\mu s) \quad \text{-----(3)}$$

- ここで、
- $V_{OCP(L)}$: ゼロ ON duty 時 OCP しきい電圧 (V)
 - DPC : 過電流補正值 (mV/ μs)
 - ONTime : MOSFET の ON 時間 (μs)

$$ONTime = \frac{ONDuty}{f_{OSC(AVG)}}$$

8.7 過電圧保護機能(OVP)

V_{CC} 端子と GND 端子間に、OVP しきい値 $V_{CC(OVP)}=29V$ 以上の電圧を印加すると、過電圧保護機能が動作し、スイッチング動作を停止します。

過電圧保護動作時はバイアスアシスト機能が無効になるため、 V_{CC} 端子電圧が動作停止しきい値 $V_{CC(OFF)}=8.1V$ に低下します。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、起動前の状態になります。その後、 V_{CC} 端子電圧は起動電流により上昇し、動作開始しきい値 $V_{CC(ON)}=15.3V$ に達すると、制御回路が再び動作します。このように、過電圧状態のときは ULVO による間欠発振動作を繰り返します。

この間欠発振動作により、パワーMOSFET や 2 次側整流ダイオードなどの部品ストレスを低減します。さらに、スイッチング期間が発振停止期間より短いため、間欠動作中の消費電力を小さくできます。

過電圧の要因を取り除くと、通常の動作に自動復帰します。

V_{CC} 端子電圧をトランスの補助巻線から供給する場合は、 V_{CC} 端子電圧が出力電圧に比例するため、出力電圧検出回路オープン時などの 2 次側の過電圧を検出できます。

この場合、過電圧保護動作時の 2 次側出力電圧の概算値は、次式(4)になります。

$$V_{OUT(OVP)} = \frac{\text{通常動作時出力電圧 } V_{OUT}}{\text{通常動作時 } V_{CC} \text{ 端子電圧}} \times 29(V) \quad \text{-----(4)}$$

8.8 過負荷保護機能(OLP)

過負荷保護機能動作時の各部の波形を図 8-14 に示します。

過負荷状態 (過電流動作によりドレインピーク電流値を制限している状態) になると、出力電圧が低下し、2 次側のエラーアンプがカットオフします。そのため、フィードバック電流 I_{FB} が流れなくなり、FB/OLP 端子電圧が上昇します。FB/OLP 端子電圧が、OLP しきい値 $V_{FB(OLP)}=8.1V$ を超えている状態を OLP 遅延時間 $t_{OLP}=68ms$ 継続すると、過負荷保護回路が動作してスイッチング動作を停止します。

過負荷保護動作時はバイアスアシスト機能が無効になるため、“8.7 過電圧保護機能 (OVP)” 項と同様、低入力時動作禁止 (UVLO: Undervoltage Lockout) 回路による間欠発振動作を繰り返します。

過負荷の要因を取り除くと、通常の動作に自動復帰します。

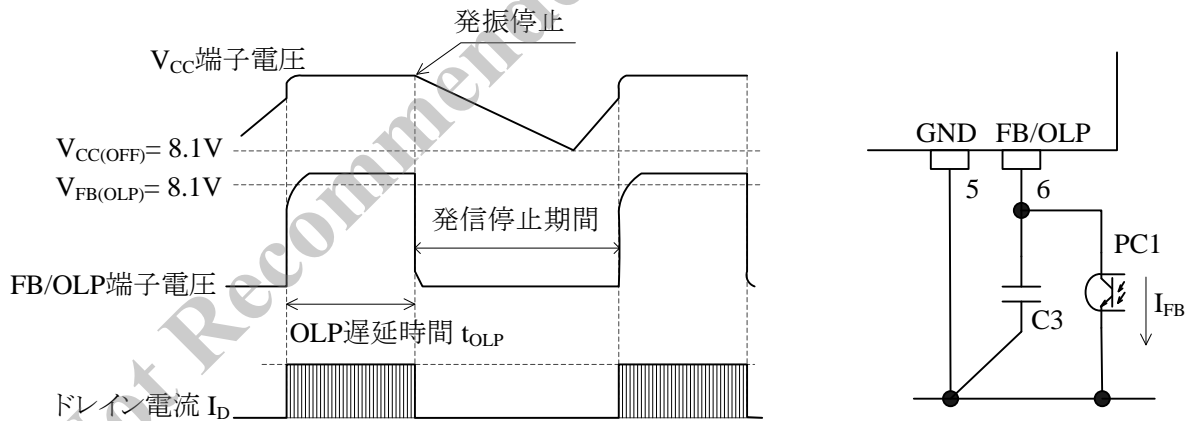


図 8-14 OLP 動作時の各部波形と周辺回路

8.9 過熱保護回路(TSD)

IC の制御回路部の温度が、熱保護動作温度 $T_{j(TSD)}=130^{\circ}C(MIN)$ 以上に達すると、過熱保護機能が動作し、スイッチング動作を停止します。

過熱保護動作時はバイアスアシスト機能が無効になるため、過電圧保護機能 (OVP) 同様、低入力時動作禁止 (UVLO: Undervoltage Lockout) 回路による間欠発振動作を繰り返します。

過熱の要因を取り除き、IC 制御回路部の温度が $T_{j(TSD)}$ 以下になると、通常の動作に自動復帰します。

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
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。
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。
- トランス類
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。
スイッチング電流は高周波成分を含むため、表皮効果が影響する場合があります。
このためトランスに使用する巻線の線径は、動作電流の実効値を考慮し、電流密度が $3\sim 4\text{A}/\text{mm}^2$ 前後を目安に選定します。表皮効果の影響などで、さらに温度対策が必要な場合は、巻線表面積を増加させるため、次を検討します。
 - 巻線の本数を増やす
 - リッツ線を使用する
 - 線径を太くする
- 電流検出用抵抗 R_{OCP}
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いタイプを使用します。

9.2 位相補償

一般的なシャントレギュレータ(U2)を使用した2次側エラーアンプ周辺部の回路構成を図9-1に示します。

位相補償用コンデンサ C7 の容量は $0.047\mu\text{F}\sim 0.47\mu\text{F}$ 程度が目安になり、最終的に実働で確認および調整を行います。

図9-2に示すFB/OLP端子とGND端子間のコンデンサC3は、高周波ノイズ除去および位相補償用です。

C3はFB/OLP端子とGND端子近くに接続、容量は $2200\text{pF}\sim 0.01\mu\text{F}$ 程度が目安になり、最終的に実働で確認および調整を行います。

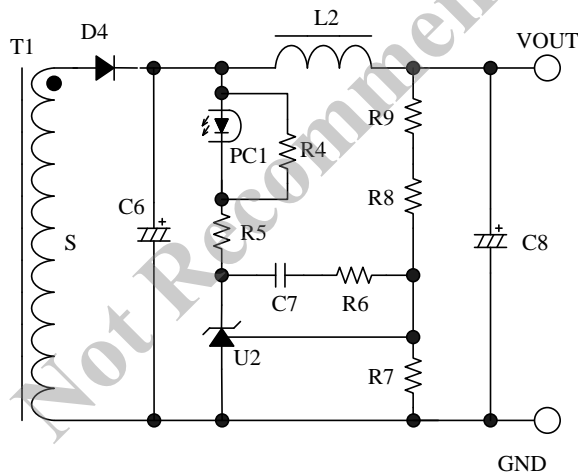


図 9-1 2次側シャントレギュレータ(U2)の周辺回路

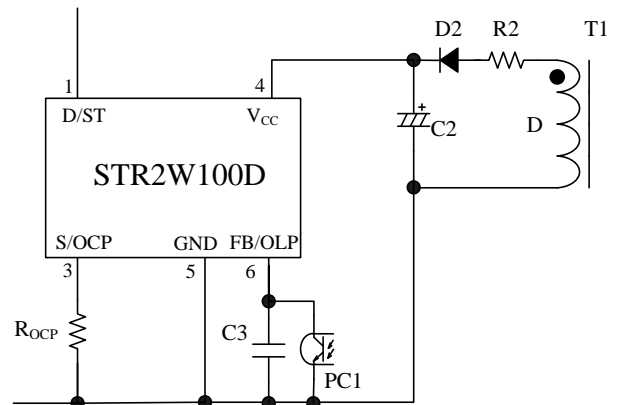


図 9-2 FB/OLP 端子周辺回路

9.3 パターン設計

パターン配線および実装条件によって、誤動作や、ノイズ、損失などに大きな影響が現れます。このため配線の引き回し、部品配置には十分な注意が必要です。

図 9-3 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。

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、高周波かつ高電圧の電流経路が存在するため、安全規格面を考慮した部品配置および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。

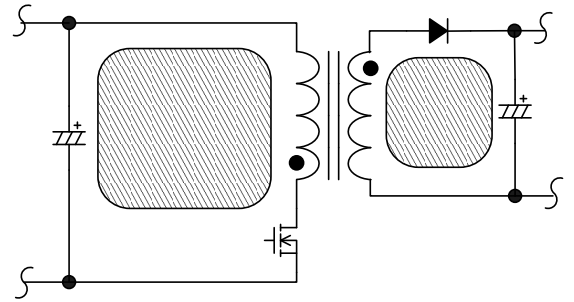


図 9-3 高周波ループ(斜線部分)

IC 周辺回路および 2 次側整流平滑回路の接続例を図 9-4 に示します。

● IC 周辺回路

(1) S/OCP 端子周り (S/OCP 端子 $\sim R_{OCP} \sim C1 \sim T1$ (P 巻線) $\sim D/ST$ 端子)

このパターンは、スイッチング電流が流れる主回路パターンのため、極力“太く”、“短く”配線します。

IC と入力電解コンデンサ $C1$ の距離が離れている場合は、高周波電流ループのインピーダンスを下げるため、トランスもしくは IC の近くに、電解コンデンサやフィルムコンデンサ ($0.1\mu\text{F}$ 程度/印加電圧に適した耐圧品)などを追加します。

(2) GND 端子周り (GND 端子 $\sim C2$ (−側) $\sim T1$ (D 巻線) $\sim R2 \sim D2 \sim C2$ (+側) $\sim V_{CC}$ 端子)

このパターンは、IC の電源供給用パターンのため、極力“太く”、“短く”配線します。

IC と電解コンデンサ $C2$ の距離が離れている場合は、 V_{CC} 端子と GND 端子の近くにフィルムコンデンサ C_f ($0.1\mu\text{F} \sim 1.0\mu\text{F}$ 程度 / (50V))などを追加します。

(3) 電流検出用抵抗 R_{OCP} 周り

R_{OCP} は、S/OCP 端子の近くに配置します。

パターンの共通インピーダンスやスイッチング電流が、制御回路へ影響を与えないようにするため、主回路系と制御系のグラウンドは R_{OCP} 近傍で接続し、 R_{OCP} から専用パターンで GND 端子へ接続します(図 9-4 の A 点)。

● 2 次側整流平滑回路 (T1 (S 巻線) $\sim D4 \sim C6$)

このパターンは、スイッチング電流が流れる 2 次側主回路パターンのため、極力“太く”、“短く”配線します。

整流パターンが細く、長い場合は、パターンに寄生するインダクタンス成分が増加するため、パワーMOSFET がターンオフ時に生じるサージ電圧が増加します。

2 次側整流パターンの引き回しを考慮したパターン設計は、パワーMOSFET の耐圧マージンを広く取り、クランプスナバ回路のストレスおよび損失を低減できます。

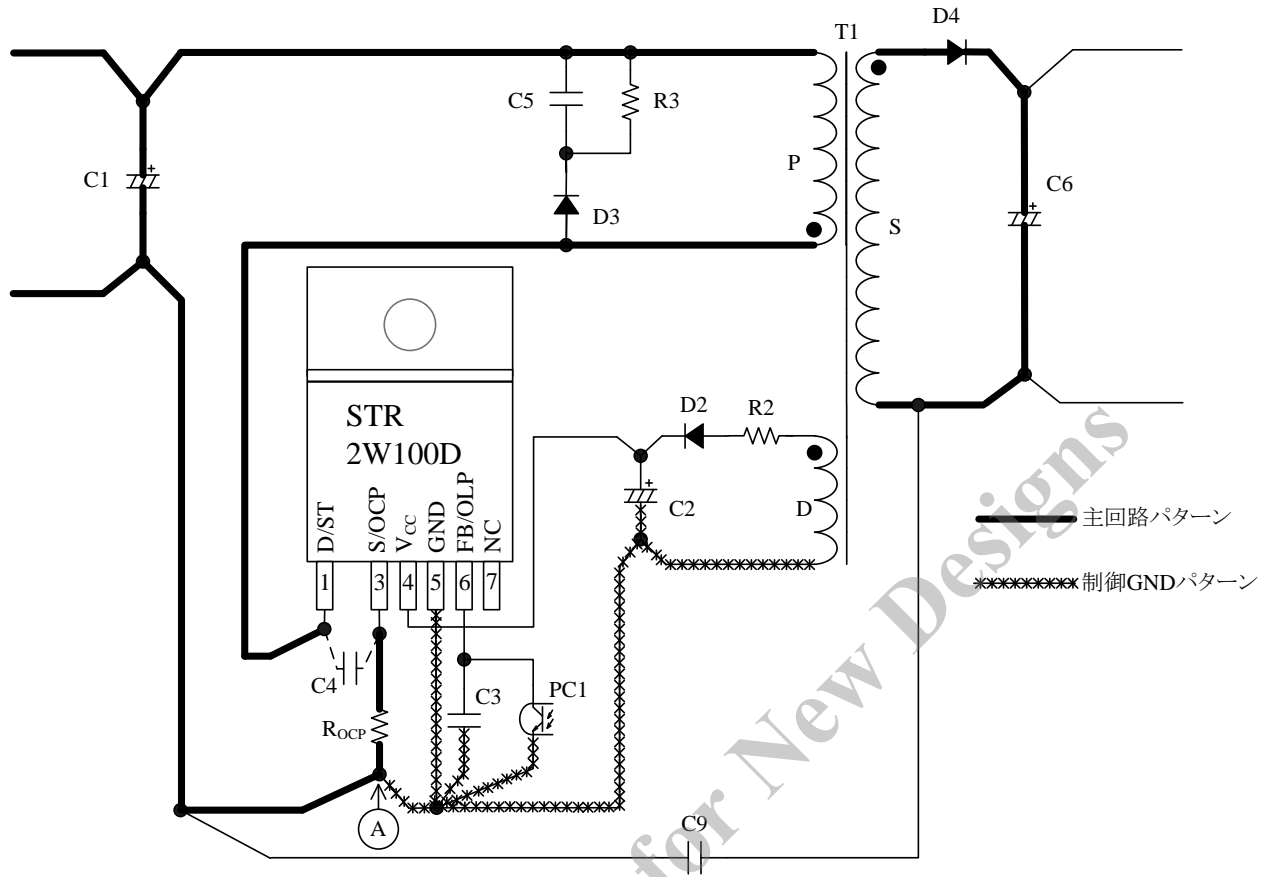


図 9-4 電源 IC 周辺回路の接続例

注意書き

- 本資料に記載している内容は、改良などにより予告なく変更することがあります。
ご使用の際には、最新の情報であることを確認してください。
- 本書に記載している動作例および回路例は、使用上の参考として示したもので、これらに起因する弊社もしくは第三者の工業所有権、知的所有権、その他の権利の侵害問題について弊社は一切責任を負いません。
- 弊社は品質、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。
- 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。
- 本書に記載している製品の使用にあたり、本書記載の製品に他の製品・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検討の上行ってください。
- 本書記載の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。
- 本書記載の内容を、文書による当社の承諾なしに転記複製を禁じます。