

非絶縁フライバック電源 IC STR5A300 シリーズの開発

Development of non-isolated flyback power supply IC STR5A300 series

田畠 鉄哉*

Tetsuya Tabata

塩津 興一*

Koichi Shiotsu

早川 章**

Akira Hayakawa

概要 エアコン、洗濯機、空気清浄機といった白物家電やスマートメーターなどの小容量電源に搭載する電源ICを開発した。これらの機器の電源システムは、低コストおよび省スペース化が重要なポイントとして挙げられ、今後さらに小型化が進むと考えられる。非絶縁用電源向けに高耐圧パワーMOSFETを搭載し、エラーランプを内蔵した電源ICを開発した。本報告では、開発したICの特徴、回路方式の比較、本ICを搭載した電源ボードの特性を紹介する。

1. まえがき

現代では、エネルギー資源の消費量を低減するため「省エネルギー」が求められ、省エネルギーは地球温暖化の要因となるCO₂排出量の削減にも効果が期待される。

日本国内では、特定機器に分類されるエアコンやテレビなどの家電や自動車に対し、トップランナー制度による省エネルギー基準が導入されている。製造事業者はトップランナー規制に対応した機器の製造および供給が義務化されている。家庭用エアコンでは2027年度から新基準が適用となり、さらなる厳しい規格への適合が求められる¹⁾。電源ICなどの半導体製品が「省エネルギー」に貢献できる可能性が高まっている状況である。

小容量電源には、設計しやすいフライバック方式が使用されており、絶縁タイプでは出力側からのフィードバック信号を、電圧検知回路とフォトカプラを介し制御する方法が多い²⁾。エアコンなどの白物家電には、筐体が絶縁されたものに対し、電源システムとしては絶縁を不要とし、非絶縁タイプで構成しているものがある。非絶縁タイプの場合、有寿命部品であるフォトカプラが不要となり、信頼性品質の向上といったメリットが挙げられる。

今回、非絶縁用電源向けに高耐圧900VのパワーMOSFETを搭載し、フライバック方式を採用した軽負荷高効率の電源ICを開発した。

本報告では、開発した電源ICの特徴、回路方式の比較、システムの動作原理、搭載した電源ボードの評価結果を報告する。

2. 製品概要

STR5A300シリーズの製品外観と応用回路例を図1、図2、製品ラインアップと端子機能を表1、表2に示す。

全負荷範囲の高効率、無負荷時消費電力が25mW以下を特長としている。パワーMOSFETは電源電圧が不安定な地域も踏まえ、より堅牢性を高めた高耐圧900Vをラインナップした。

パッケージはフライバック方式電源ICとして一般的な挿入実装のDIPと表面実装のSMDを設定している。

表1 製品ラインアップ

Line up	$f_{OSC(AVG)}$ typ.	V_{DSS} min.	$R_{DS(ON)}$ max.	P_{OUT} (230V/Wide)
STR5A361	100kHz /130kHz	700V	3.95Ω	35W/23.5W
STR5A369			6.0Ω	30W/19.5W
STR5A342		900V	3.0Ω	37.5W/26W
STR5A349			6.5Ω	30W/19.5W



DIP タイプ



SMD タイプ

図1 製品外観

*技術開発本部パワーデバイス開発統括部

電源 IC 開発部 開発1課

**技術開発本部パワーデバイス開発統括部

電源 IC 開発部 電源制御開発課

表2 端子機能

端子配列	記号	機能
1	S/OCP	パワー MOSFET ソース過電流保護検出信号入力
2	BR	入力電圧検出
3	GND	グランド
4	FB	定電圧制御信号入力
5	VCC	制御回路電源入力 過電圧保護信号入力
6	—	(抜きピン)
7	D/ST	パワー MOSFET ドレイン起動電流入力
8		

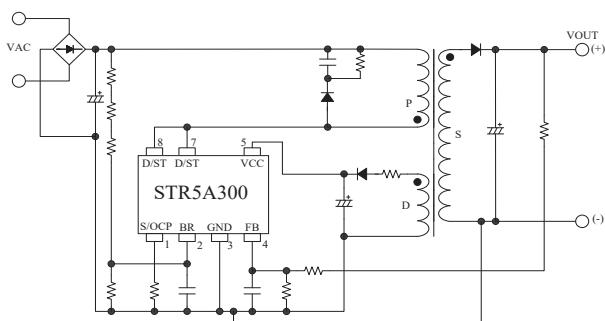


図2 応用回路例

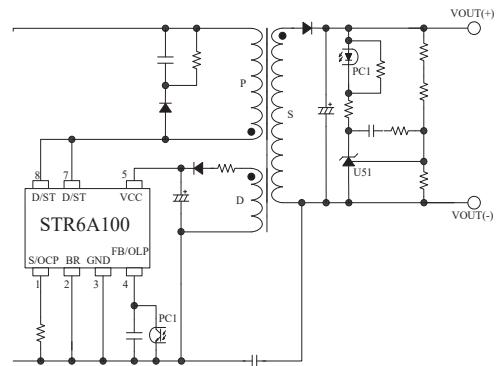


図3 絶縁タイプ（従来製品）

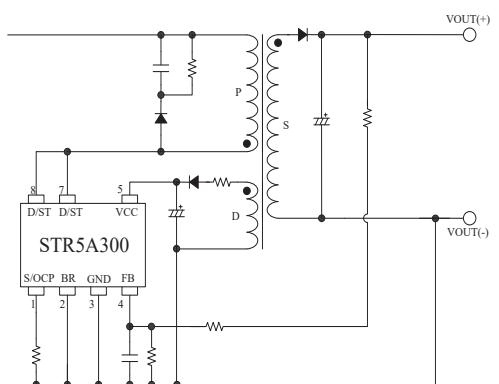


図4 非絶縁タイプ（開発製品）

3. 絶縁用の電源構成

図3に従来製品の絶縁タイプ、図4に今回の開発製品STR5A300シリーズの非絶縁タイプのフィードバック周辺部品を示す。電源ICでは、出力側からのフィードバック信号を、電圧検知回路とフォトカプラを介しIC内部制御回路に伝達する。今回の開発製品の非絶縁タイプでは、エラーアンプをIC内部制御回路に内蔵することにより、絶縁タイプでは従来必要であったシャントレギュレータ、フォトカプラなどの周辺部品が不要となる。部品点数としては5点削減できることから、非絶縁タイプを選択できるアプリケーションでは、電源システムの小型化、低コストといった優位性がある。

4. 機能と特徴

4.1. ステップドライブ制御

図5にステップドライブ制御動作、図6、図7に起動時のステップドライブ制御有無の波形を示す。

パワー MOSFETのターンオン時、2次側の整流ダイオードD51の両端には、リカバリー電流とインダクタンス成分による逆起電圧がサージ電圧として発生する。整流ダイオードはこのサージ電圧を考慮した耐圧を選定する必要がある。弊社独自技術のステップドライブ制御により、負荷条件に応じて内蔵しているパワー MOSFET

のゲートの立ち上がり時間をIC内部で最適に制御する。これによりターンオン時の整流ダイオードのリカバリー電流の傾斜を抑制し、サージ電圧を低減する。表3のように、ステップドライブ制御により整流ダイオードのVRM耐圧は従来よりも低く設定できるため、低コスト化と低VF化による回路効率の向上が実現できる。

ステップドライブ制御は、過渡条件の状態条件で有効となり、定常動作時は無効となっている。過渡条件と定常動作条件でドライブスピードを切り替え、スイッチングスピードを最適に制御している。結果として、全動作

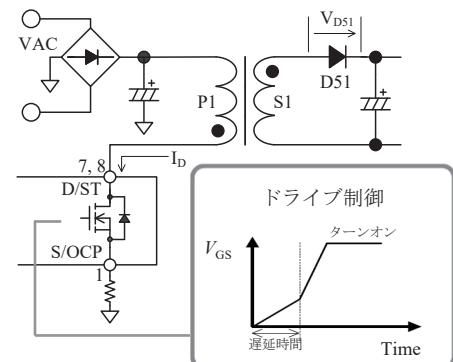


図5 ステップドライブ制御動作

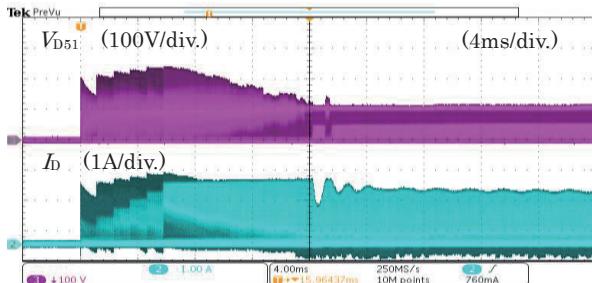
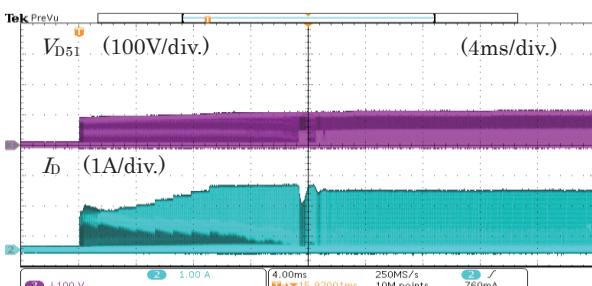
図6 起動時ステップドライブ制御なし ($V_{OUT} = 24V$)図7 起動時ステップドライブ制御あり ($V_{OUT} = 24V$)

表3 整流ダイオードVRM耐圧(参考値)

出力電圧	ステップドライブ制御なし	ステップドライブ制御あり
5V	100V	60V
12V	200V	120V
15V	200V	120V
24V	400V	200V

領域においてパワーMOSFETの損失低減、電源の高効率化が実現できる。

4.2. 入力電圧検出機能

入力電圧検出機能は、電源事情が不安定な地域でも安全に使用できるよう入力電圧が高い場合に働くAC入力過電圧保護機能(HVP)と、アブノーマル状態の電源入力電圧が低い場合に働くブラウンイン・ブラウンアウト機能(BR_IN・OUT)を同一端子で設定している。入力電圧を随时モニターすることでパワーMOSFETに対し、過入力電圧による損傷を瞬時に抑制し、低入力電圧の一定期間継続による過熱を防止する。

図8にBR端子電圧とスイッチング電流を示す。入力電圧検出機能は、BR端子で入力電圧を検出し、BR端子電圧に応じてスイッチング動作を制御することで各保護へ移行する。入力電圧検出機能を使用しない場合は、BR端子をGNDへ接続し電位を固定することで、機能を無効化できる。

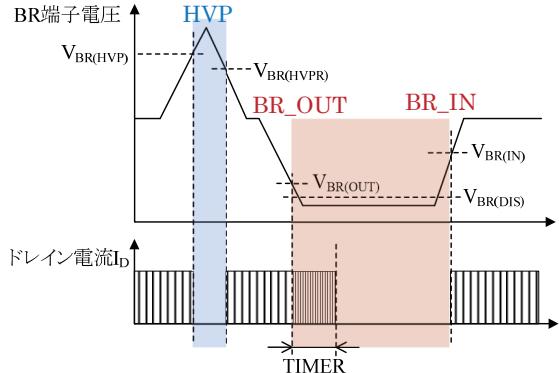


図8 BR端子電圧とスイッチング電流

4.3. 低消費電力・全負荷高効率

STR5A361発振周波数100kHzタイプの実測値を報告する。図9に効率測定を実施した評価ボードを示す。無負荷時電力は、絶縁タイプの従来製品と同等の25mW(AC230V)と低消費電力となっている。

今回の開発品の非絶縁タイプのSTR5A300シリーズは、制御ICにエラーアンプ内蔵により回路規模は増加しているが、回路構成の見直しにより従来製品と同等の制御チップサイズを実現している。

図10、図11、図12に示すようにICの動作モードは負荷電流に応じ、バースト発振動作、グリーンモード(25kHz～100kHz)、通常動作(100kHz)に自動的に切り替わる。

スタンバイ負荷条件まで負荷が減少すると、グリーンモードからバースト発振動作に移行する。グリーンモー



図9 評価ボードの外観

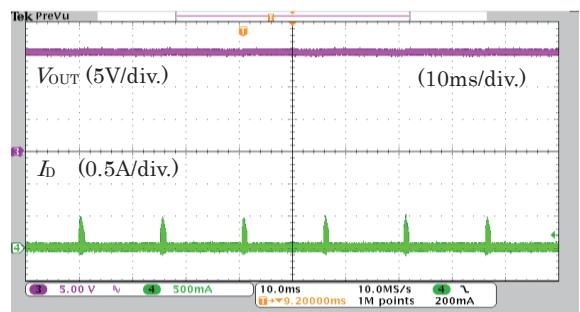


図10 バースト発振動作

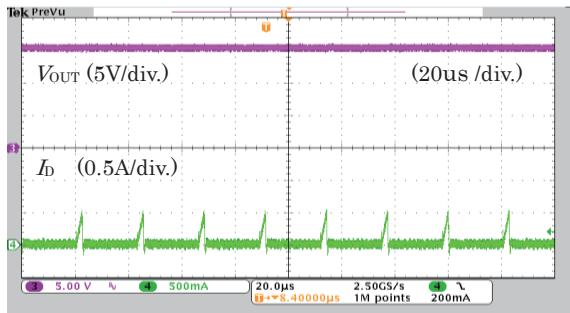


図 11 グリーンモード

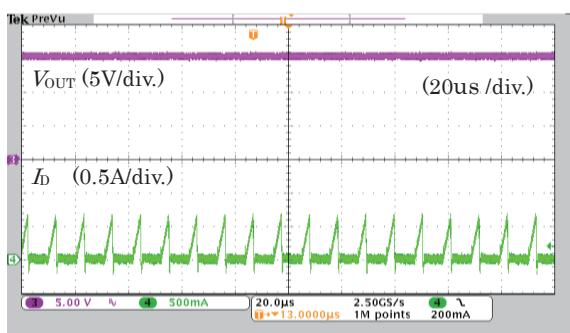


図 12 通常動作

ドではスイッチング回数を減少、バースト発振動作では一定期間スイッチング動作を停止させることで、スイッチング損失を低減し、変換効率を改善する。

図13に出力電力とロードレギュレーション特性を示す。良好なロードレギュレーション特性を確認した。

図14に全負荷での効率特性を示す。発振周波数動作制御とドライブ回路の最適化により、出力電力5W～23Wの範囲で88%～89%程度と高い効率を達成した。

5. むすび

今回、非絶縁フライバック電源システムに適用できる電源IC STR5A300シリーズを開発した。エラーアンプの内蔵により周辺部品を5点削減し、電源システムの小型化および低コスト化が可能となった。ステップドライブ

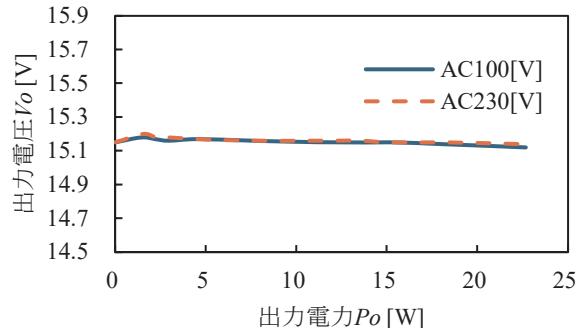


図 13 ロードレギュレーション特性

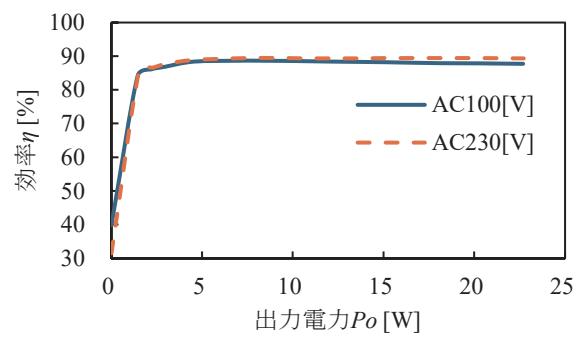


図 14 効率特性

制御と発振周波数制御によって、低消費電力および全負荷領域高効率を実現した。また、パワーMOSFETの高耐圧化や入力電圧検出機能を取り入れており、電源事情が不安定な地域でも安全に使用できる。

今後、様々な電源要求を電源ICで解決し、「省エネルギー」に貢献できるよう製品開発を進める。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁 “家庭用エアコンディショナーの新たな省エネ基準を策定しました”, 経済産業省, 2022, <https://www.meti.go.jp/press/2022/05/20220531003/20220531003.html>, (参照 2025-09-18)
- 2) 早川, 田畠: サンケン技報, 2014, vo.46, p.33-36