

非絶縁コンバータ電源 IC STR5M400 シリーズの開発

Development of non-isolated converter power supply IC STR5M400 series

伊藤 公一*
Koichi Ito

塩津 興一**
Koichi Shiotsu

早川 章***
Akira Hayakawa

概要 近年、シーリングファン、コーヒーメーカ、除湿・加湿器、掃除機などの小物家電に使用する電源ICにおいては、面実装による小型化、非絶縁化によるフォトカプラレスおよびシステムとして外付け部品点数削減、さらに全負荷領域で高効率化が求められている。本稿ではこれらのニーズを満足するSTR5M400シリーズを開発したので報告する。

1. まえがき

照明、シーリングファン、コーヒーメーカ、除湿・加湿器、掃除機などの小物家電に使用する5W以下の小容量領域の電源には、非絶縁バックコンバータが使用され、絶縁トランスやフォトカプラを不要としている。このため、小型で低コスト、高効率となっている。

この負荷領域の電源ICの市場動向としては、省人化のため面実装、小型化のため基板面積縮小、コスト低減のため負荷容量に合わせた部品選定が主流となっている。

市場動向を踏まえて、STR5M400シリーズでは、部品点数削減、全負荷領域高効率化を図っている。また、多種多様なアプリケーション用途に対応するため、出力電圧、動作周波数、出力電力容量を変えた豊富なラインナップを取り揃えている。本稿では、これらのニーズを満足するSTR5M400シリーズを開発したので報告する。

2. 製品概要

STR5M400シリーズは、制御チップと高圧700VパワーMOSFETを面実装タイプのSOIC8パッケージに搭載した電源ICである。既存量産品STR5A464S¹⁾に対して、部品点数5点の削減を実現した。図1で示すSTR5A464Sの電源構成図において、①部分のフィードバック(FB)

検出抵抗(出力電圧設定抵抗)と、②部分のダイオードおよび電解コンデンサをVCC端子とFB端子を1つに共通端子化することで削減でき、図2で示すようにシンプルな電源構成を可能とした。

図2の③部分のコンデンサにおいては、VCC端子とFB端子を共通化したVCC/Sense端子への適用を検討した。その場合、既存量産品STR5A464SでOLP遅延時間を確保するため使用していた10μF以上の容量を使用すると、応答性が悪化するため低容量化が課題であった。

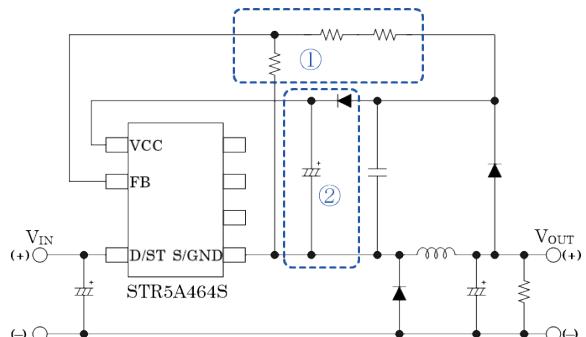


図1 既存量産品STR5A464S電源構成図

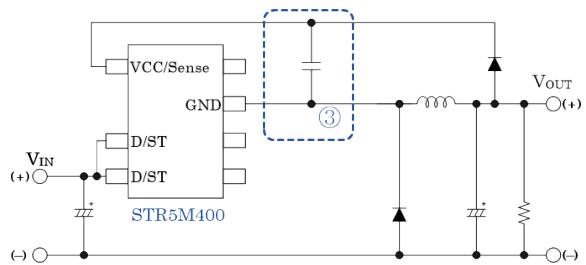


図2 STR5M400シリーズ電源構成図

*サンケンエレクトリック

**技術開発本部ワードバイス開発統括部

電源IC開発部開発1課

***技術開発本部ワードバイス開発統括部

電源IC開発部電源制御開発課

この課題を解決するため内部回路の見直しをおこなった結果、低容量のものを使用しても遅延時間を正確に確保し、応答性との両立を実現した。

本シリーズのラインナップは、多種多様なアプリケーション用途に対応できるよう、表1に示すように各特性仕様を組み合わせたものを取り揃えている。

表1 STR5M400シリーズラインナップ

製品名	V _{OUT} [V]	f _s [kHz]	R _{DSON} Max. [Ω]	I _o [A]	GM
STR5M467H4	14.2	100	16	0.10	—
STR5M467H3	13.0	100	16	0.10	—
STR5M467M5	15.0	60	16	0.25	○
STR5M422M5	15.0	60	3	0.40	○
STR5M422M2	12.0	60	3	0.40	○

注：構想品を含む

※ GM：グリーンモード 軽負荷発振周波数低減機能

3. 製品特徴

図3に本ICのブロック図を示す。本製品は主に以下(1)～(4)の4つを内蔵したことを特徴とする。

- (1) フィードバック抵抗
- (2) 電流検出抵抗
- (3) 位相補償
- (4) 過負荷保護(以下、OLPとする) タイマ

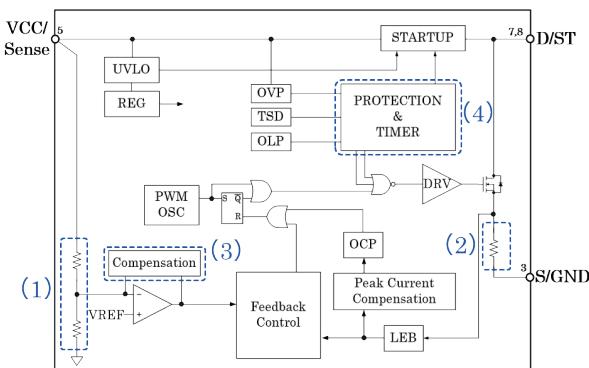


図3 ブロック図

3.1. フィードバック抵抗

フィードバック抵抗は、図3の(1)にあたる。抵抗を内蔵することで周辺部品の削減ができ、またユーザ側が個別に定数設定をおこなう手間を省くことができる。

3.2. 電流検出抵抗

電流検出抵抗は図3の(2)にあたり、図4に示す制御チップ上の配線抵抗を使用している。配線抵抗はアルミニウムで形成され、一般的に100°Cの温度上昇で30%以上

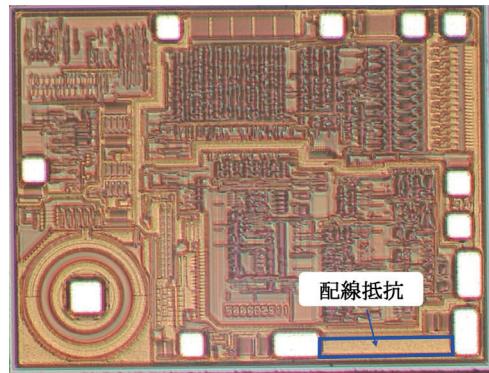


図4 制御チップ写真

の温度特性をもつため、弊社独自の技術でこの温度特性を打ち消す補償をおこなっている。本ICは、電流モード制御方式を採用しており、電流検出抵抗により電流情報を検出する。また、過電流状態もこの検出抵抗で検出する。この抵抗を内蔵することで図3の(2)と同様に周辺部品の削減ができ、またユーザ側が個別に定数設定をおこなう手間を省くことができる。なお、本ICは弊社既存高压プロセスに対して低コスト化をおこなった最新高压プロセス²⁾を使用した電源ICとして初の製品である。

3.3. 位相補償

本ICには、エラーアンプ部分に位相補償回路を内蔵している。この位相補償回路は、非絶縁バックコンバータの出力コンデンサが低容量から大容量まで(約10μF～470μF)対応でき、低ESRのセラミックコンデンサにも対応できるように補償している。また、ユーザ側が個別に定数設定をおこなう手間を省くことができる。

3.4. OLP タイマ

図5にOLP動作時のVCCおよびPower MOSFETのゲート信号DRVのタイミング波形を示す。図中に示すOLP時間1およびOLP時間2はともにICに内蔵しているタイマで時間を決めている。このため、本ICではSTR5A464SのようなVCCコンデンサ容量による影響を受けず、スイッチング停止時間を確保することができる。これにより異常時でのICの温度上昇の抑制を確実におこなうことができる。

なお、図5に示すとおり、OLP時間1およびOLP時間2の間でVCCがVCC(Bias)まで低下するとSTARTUP回路によりバイアスアシストが動作しVCC電圧を保持する。さらに、OLP時間2が終了するとバイアスアシストが停止しVCCがVCC(OFF)を下回ると再びバイアスアシストが動作しVCCを上昇させ、この繰り返しにより、スイッチングが間欠動作する。

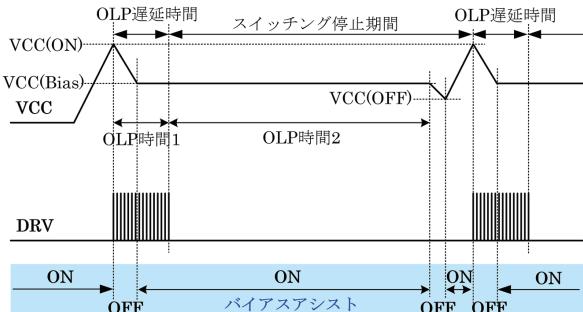


図5 OLP動作中のタイミング波形

図6にAC200V時の過負荷保護時の重負荷時動作波形を示す。この間欠動作によりAC265Vでも過負荷保護動作時温度は92.4°Cとなり100°C以下を満足している ($T_a = 60^{\circ}\text{C}$ 想定)。

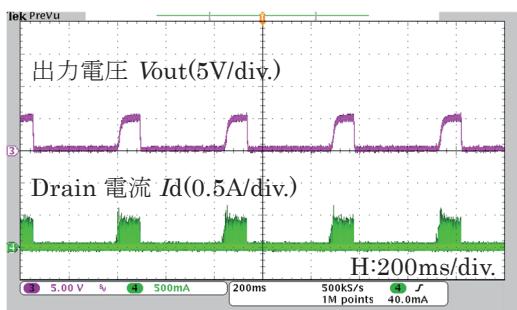


図6 OLP動作

3.5. 発振制御

本ICでは、図7に示すように中負荷から軽負荷における電力変換効率を高めるためにグリーンモードを採用している。負荷に応じて発振周波数を自動的に制御し、無駄な電力消費を抑えることで、全負荷領域で高効率な電源設計を可能とした。

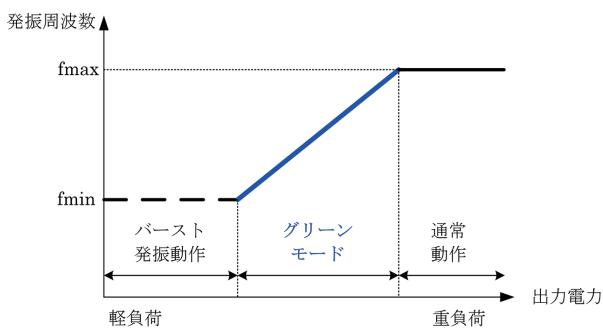
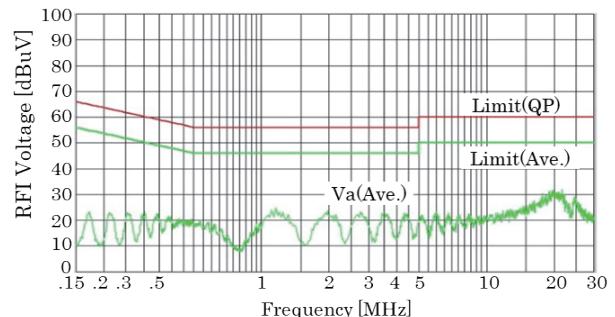


図7 グリーンモード動作領域

また、PWM平均発振周波数に周波数変動を重畠するランダムスイッチング機能を内蔵し、図8のように入力ラインフィルタなどのノイズ対策部品がない状態でも規格値以内に入るよう設計されている。



Limit (QP) : Quasi-Peak 測定における RFI (無線周波数干渉) 電圧上限値
Limit (Ave.) : 平均測定における RFI 電圧上限値
Va (Ave.) : 測定データ

図8 伝導エミッション試験 (AC200V, CISPR14 規格適用)

AC200V, V_{out} 15Vの条件における $I_{\text{out}} = 3\text{mA}$ 時のバースト発振動作波形、 $I_{\text{out}} = 25\text{mA}$ 時のグリーンモード波形、 $I_{\text{out}} = 200\text{mA}$ 時の通常動作波形を、それぞれ図9、図10、図11に示す。

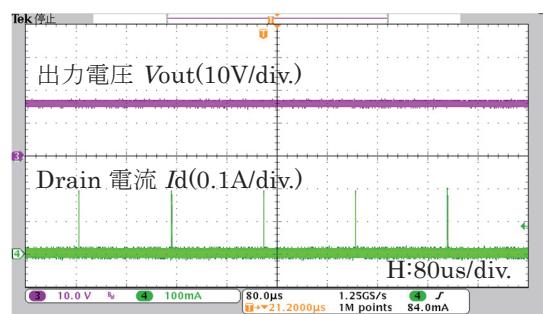


図9 バースト発振動作

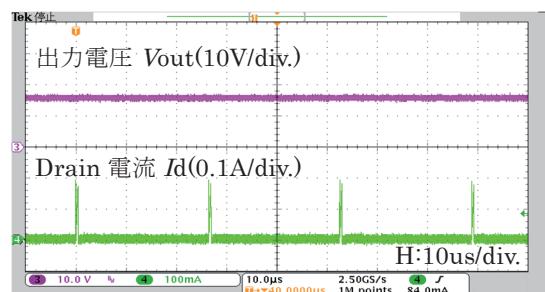


図10 グリーンモード

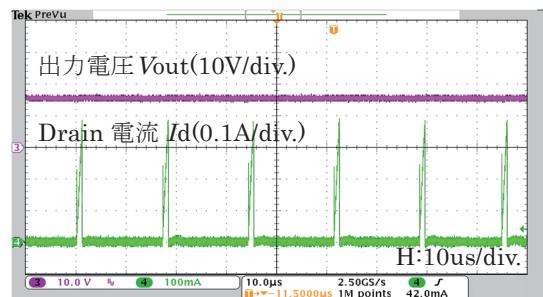


図11 通常動作

4. 試作評価結果

図12に本ICの電源評価ボードの回路図、図13に本ICを実装した電源評価ボード写真を示す。また表2に実装部品の一覧を示し、従来品に対して部品点数42%削減を可能とした。4章では、このボードで電源評価をおこなった結果を報告する。

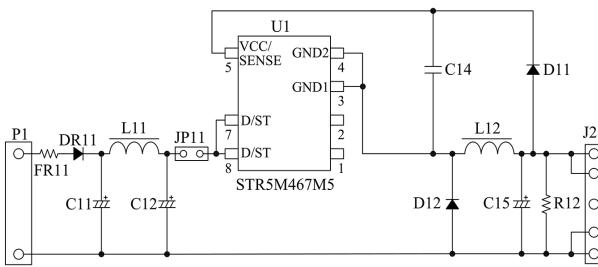
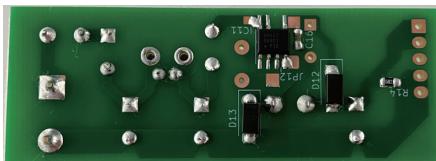


図12 電源ボードの回路図



(a) 表面



(b) 裏面

図13 電源評価ボード

表2 実装部品の一覧

記号	部品名	定格	本製品	従来品
C12	電解コンデンサ	105°C, 400V, 8.2μF	○	○
C14	セラミックコンデンサ	50V, 0.47μF	○	○
C15	電解コンデンサ	105°C, 25V (220μF)	○ (470μF)	○
C16	電解コンデンサ	105°C, 50V, 10μF	—	○
D11	高速整流ダイオード	500V, 1A(SJPD-D5)	○	○
D12	高速整流ダイオード	500V, 1A(SJPD-D5)	○	○
D13	ショットキーバリア ダイオード	60V/1A(SJPD-D6)	—	○
L12	インダクタ	470μH, 0.6A	○	○
R1	チップ抵抗	6.8kΩ, 1/8W, 1608	—	○
R2	チップ抵抗	33kΩ, 1/8W, 1608	—	○
R3	チップ抵抗	1.3kΩ, 1/8W, 1608	—	○
R12	チップ抵抗	6.8kΩ, 1/8W, 1608	○	○
U1	PWM オフライン コンバータ IC		STR 5M467	STR 5A464S

4.1. 電源特性

図14に効率特性、図15にロードレギュレーション特性を示す。

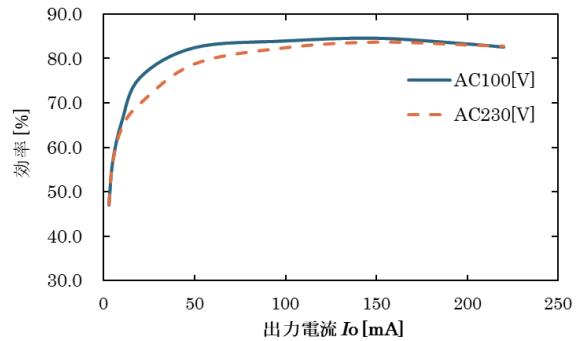


図14 効率特性

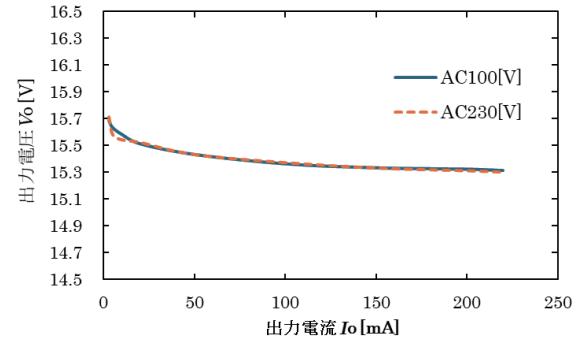


図15 ロードレギュレーション特性

5. むすび

今回、弊社最新高圧プロセスを使用した電源ICとして初の製品であるSTR5M400シリーズの開発をおこなった。

グリーンモードの採用により軽負荷高効率を実現した。また、チップ上配線抵抗を電流検出抵抗として弊社初として採用し、さらにFB検出抵抗をICに内蔵することで電源の小型化、電源低コスト化が実現した。

今後、新たな市場を開拓すべく大容量化、高効率化に向けてパワーMOSFETのGaNデバイス化をおこない、また2出力化に向けて製品開発を進めていく。

6. 参考文献

- 1) 恵政, 寺澤, 川真田:サンケン技報, vol.46, p29-32 (2014. 11)
- 2) 青木:サンケン技報, vol.55, p22-25 (2023.11)