

車載用途 絶縁型電源IC SFA0006の開発

Development of SFA0006, Isolated Power Supply IC for Automobiles

田 畠 鉄 哉*
Tetsuya Tabata

早 川 章**
Akira Hayakawa

古 賀 竜 彦**
Tatsuhiko Koga

李 殷 錫***
Lee EunSuk

概要 EV/HEV/PHVなどの環境対応車両に搭載される、低電圧入力かつ絶縁型の電源構築に最適なスイッチング電源IC SFA0006を開発した。本ICでは、出力電圧をトランスの1次側巻線電圧で検出することにより、制御用フォトカプラや3次巻線などの周辺部品が削減でき、電源の小型化を可能にした。また、ランダムスイッチング機能によるノイズ低減だけでなく、イネーブル機能、周波数低減機能を盛り込むことにより、電源待機時の低電流化や高効率化も可能にしている。本報告ではSFA0006の特長、およびSFA0006で電源システムを構築したときの特性について紹介する。

1. まえがき

近年、地球温暖化防止と大気汚染緩和を目的として規制強化が進み、2017年にイギリスやフランスが2040年までにガソリン車やディーゼル車の販売禁止を打ち出すなど、EV/HEV/PHVなどの環境対応車のさらなる普及が進む傾向にある。これらEV/HEV/PHVシステムでは、小型、軽量化、電動化が重要テーマである。

EV/HEV/PHVシステムには高圧バッテリーや低圧バッテリーが搭載され、負荷としてはメインモーターを始め、各種モーターが多用される。これらモーターのゲート駆動用および制御用マイコンの電源には補助電源が使用され、補助電源として絶縁型のフライバック方式が多く採用される。補助電源にはメインシステム同様に小型、軽量化、高効率化の要求が強い。

今回開発した低入力電圧向けSFA0006では、出力電圧の制御方法改善によるトランスの小型化およびIC周辺回路の削除を行うと共に、ノイズ低減制御を行うことでノイズ対策部品の簡素化し、電源の小型化を可能にしている。さらに、レギュレーションの改善や消費電力低減のための機能を搭載しており、高効率化を実現できるICである。本報告では、開発した電源IC、これを搭載した電源での評価結果を報告する。

2. 開発コンセプト

SFA0006は、1次側検出制御により、フォトカプラと関連部品の削減やトランスサイズの縮小により、電源の小型化を容易に実現できる。

入力電圧の動作範囲は、低圧バッテリーを想定し、サージ試験にも対応可能な6V~40Vとした。また、イネーブル機能により、IC制御停止時の回路電流5 μ A以下に低減でき、低消費電力を可能にしている。さらに周波数低減機能により、軽負荷から中間負荷領域において電源効率を高められる。

パッケージは汎用性が高く、小型で省スペースの面実装タイプSOP8を採用している。端子配列は、端子間ショート・オープン状態でのIC制御安定性を考慮し、設定した。

品質は、車載用信頼性試験基準のAEC-Q100に準拠しており、様々な車載電源システムや、高信頼性が求められる産業機器に適用できる。

SFA0006の製品外観と参考回路、ブロックダイアグラムを図1、2、3、端子機能と製品ラインアップを表1、2に示す。



図1 製品外観
External view of product

* デバイス事業本部 技術本部 デジタル製品事業部 開発2課

** デバイス事業本部 技術本部 応用技術部

*** サンケン エレクトリック コリア株式会社

表1 端子機能
Pin functions

| 端子配列 | 記号 | 機能 |
|------|------|--------------------|
| 1 | REF | 出力電圧設定 |
| 2 | COMP | 位相補償 |
| 3 | GND | 回路グラウンド |
| 4 | EN | イネーブル信号入力 |
| 5 | OCP | 過電流信号入力 |
| 6 | DRV | ゲートドライブ出力 |
| 7 | FB | パワー-MOSFETドレイン電圧検出 |
| 8 | VCC | 電源入力 |

表2 製品ラインアップ
Product lineup

| 製品名 | PWM平均発振周波数 $f_{OSC(AVG)}$ | スタンバイ時動作 |
|----------|------------------------------|-----------|
| SFA0006A | 60kHz | バースト発振モード |
| SFA0006C | 150kHz | 低周波発振モード |

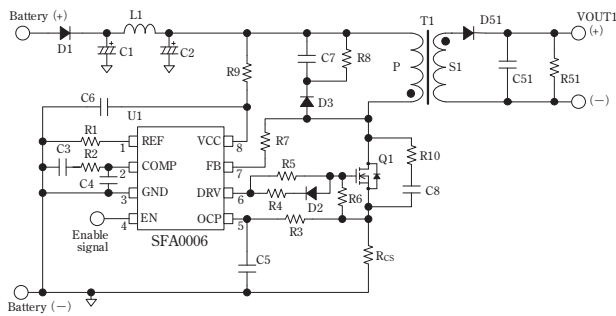


図2 参考回路
Reference circuit

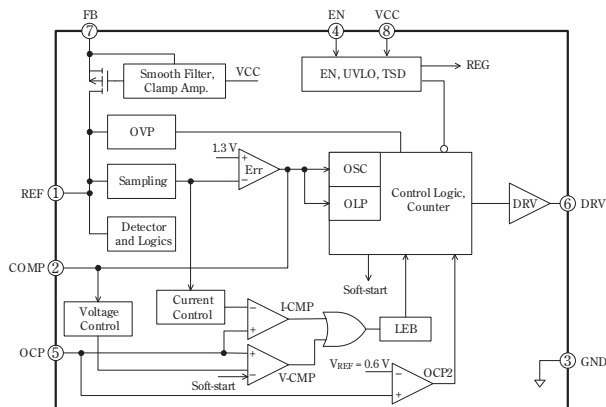


図3 ブロックダイアグラム
Block diagram

3. 従来製品と開発製品の比較

表3に、従来製品SFA0002と開発製品SFA0006の特性比較を示す。SFA0006は、電源システムとしてポイントとなる小型化や高効率などの要求を達成できるような豊富な機能を搭載している。

表3 特性比較
Characteristic comparison

| 項目 | 従来製品 SFA0002 | 開発製品 SFA0006 | 特徴 | | |
|-----|-----------------|-----------------|-------------|---------------------------|-----|
| 制御 | フィードバック信号 | 3次巻線電圧平均検出 | ドレイン電圧パルス検出 | 3次巻線削減 レギュレーション 高精度 | |
| | フィードバック電圧/精度 | 2.5V±2.0% | 1.3V±1.5% | | |
| 機能 | イネーブル機能 | 無 | 有 | 低消費電力 | |
| | IC停止時電流 | ≤1mA | ≤5μA | | |
| 周波数 | PWM発振周波数 | 20~200kHz | 60, 150kHz | 周波数固定型 | |
| | 周波数低減機能 | 無 | 有 | | 高効率 |
| | ランダムスイッチング機能 | 無 | 有 | | |
| 保護 | OCPしきい値 | 0.5V | 0.3V | 検出抵抗サイズ小 部品ストレス軽減 | |
| | 出力保護機能 | 無 | CV/CC制御 | | |

4. 機能と特徴

4.1 1次側検出制御

今回採用した1次側検出制御では、パワー-MOSFETのドレインに接続されるトランスの巻線電圧を、抵抗を介してFB端子に入力する。このFB端子電圧をIC内部で検出し、出力を一定電圧に制御する。図4に1次側検出制御回路、図5に1次側巻線電圧の検出タイミングを示す。

IC内部では、パワー-MOSFETのドレイン電圧波形 V_{DS} の立下り付近(図5のA点)をサンプリングし、2次側整流ダイオードの ΔV_F の影響を最小限にしたフィードバック信号を生成する。

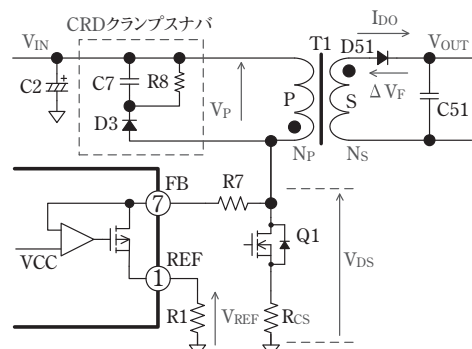


図4 1次側検出制御回路
Primary-side regulation circuit

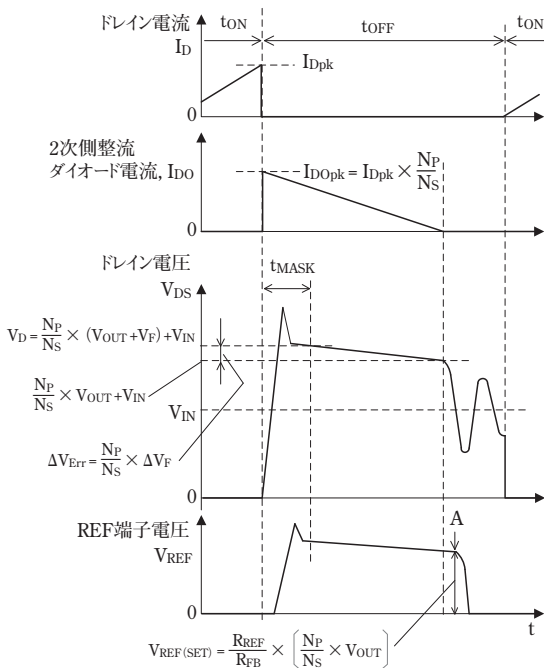


図5 1次側巻線電圧の検出タイミング
Detection timing of primary-side winding voltage

従来製品は3次巻線電圧から信号を検出する方式であったため、電圧検出用の巻線が必要となっていた。そこで、SFA0006では1次側検出制御にすることで、最小のトランスで構成され外形の小型化に寄与できる。

また、フォトカプラの削減により、絶縁不良や経年劣化などの信頼性上の懸念点がなくなり、高品質な電源を設計できる。

4.2 EMIノイズ低減

本ICは、PWM平均発振周波数 $f_{OSC(AVG)}$ に周波数変動を重畳するランダムスイッチング機能を搭載している。これは、スイッチング動作時に発振周波数が $f_{OSC(AVG)}$ に対しランダムに微変動する機能で、これによりコンダクションノイズの低周波帯域での平均値が低減され、入力部ノイズフィルタの簡略化が期待できる。

図6、7に従来製品とSFA0006のコンダクションノイズの相対比較データ(簡易測定)を示す。

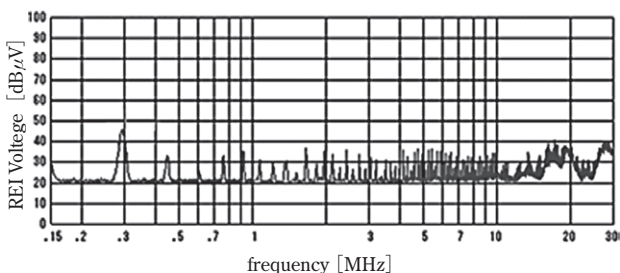


図6 従来製品 コンダクションノイズ
Conventional products conduction noise

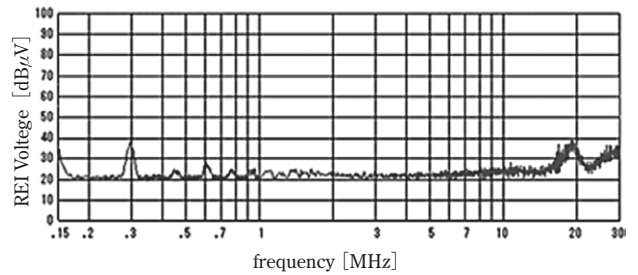


図7 SFA0006コンダクションノイズ
SFA0006 Conduction noise

5. 電源ボードの評価結果

図8、図9に評価に用いた電源の回路構成と、ボードを示す。電源仕様は、入力電圧DC6V~DC24V、出力は2出力構成で、 $V_{OUT1} : 6V/0.12A$ 、 $V_{OUT2} : 15V/50mA$ である。

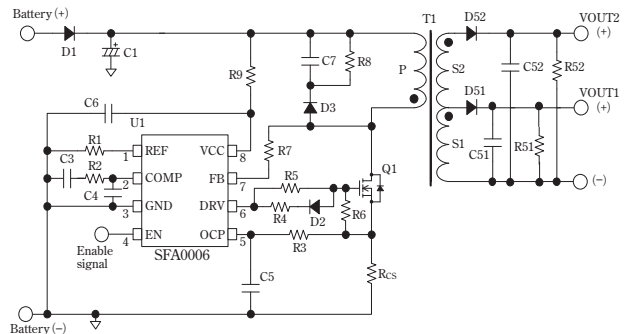


図8 応用回路例
Typical application circuit

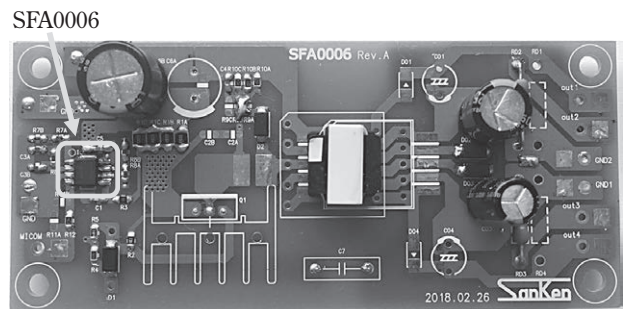


図9 DC/DC電源評価用ボード
Test board

*パワーMOSFETは基板裏面に実装

5.1 ロードレギュレーション特性

図10に従来製品のロードレギュレーション、図11にSFA0006のロードレギュレーションを示す。測定時の出力のブリーダ抵抗を同一条件とし、比較した。SFA0006は、 V_{OUT1} および V_{OUT2} ともに安定したロードレギュレーション特性を示す。

レーションを示しており、良好な結果が得られた。VOUT1の変動幅は、従来製品が $\Delta 2.2\text{V}$ 程度に対して、SFA0006は $\Delta 0.3\text{V}$ 程度となっており、電圧変化幅を86%程度抑制した。

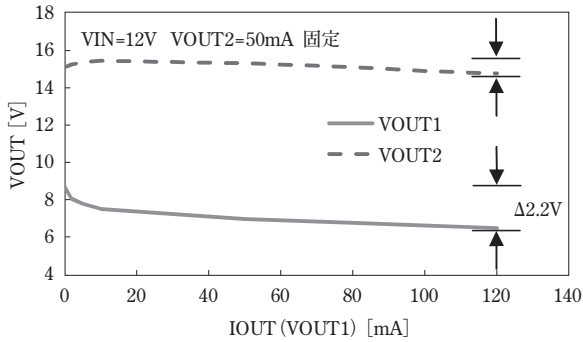


図10 従来製品ロードレギュレーション特性
Conventional product load regulation

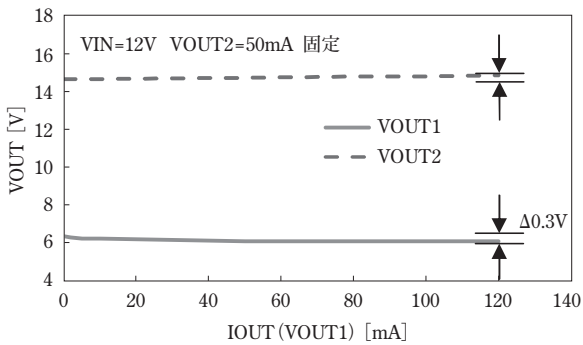


図11 SFA0006ロードレギュレーション特性
SFA0006 Load regulation

5.2 軽負荷・中間負荷時の効率改善

図12、13に軽負荷～中間負荷時の動作波形、図14に効率特性を示す。周波数低減機能によるスイッチング損失の低減と、フィードバック検出方式の改良によるロードレギュレーションの改善により、軽負荷～中間負荷の効率を最大20%程度改善した。

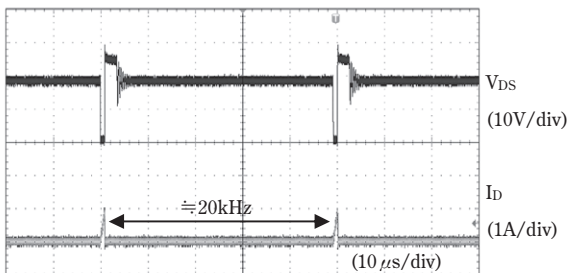


図12 軽負荷時動作波形 (DC12V)
Minimum load operating waveform (12VDC)

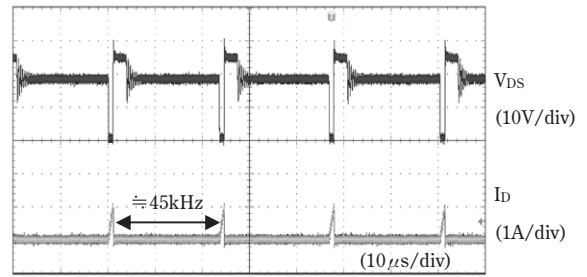


図13 中間負荷時動作波形 (DC12V)
Middle load operating waveform (12VDC)

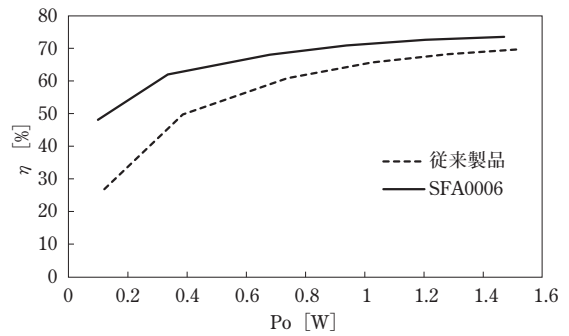


図14 効率特性 (DC12V)
Efficiency (12VDC)

6. むすび

今回、車載向け低電圧入力対応IC、SFA0006を使用した電源で以下の成果を得た。

- 効率 最大20%改善
- 部品点数 3次巻線と関連部品2点削減,
IC周辺部品2点削減

今後、車載向け補助電源ICへのニーズに対応した高電圧入力のコントローラICの開発を進める。また、電源設計の容易さや、電源の更なる小型化の要求を踏まえ、パワー素子を内蔵した製品の開発を計画し、車載向け電源ICの製品拡大を図っていく所存である。