

# 第6世代 PWM 制御 IC 「FA8A00 シリーズ」

6th Generation PWM Controller IC: “FA8A00 Series”

藪崎 純 YABUZAKI Jun

山根 博樹 YAMANE Hiroki

小林 善則 KOBAYASHI Yoshinori

「FA8A00 シリーズ」は、新開発の 0.35  $\mu\text{m}$  プロセス技術を適応した第6世代 PWM (Pulse Width Modulation) 電源制御 IC である。パッケージは SOP-8 ピンであり、500 V 保証の起動回路を内蔵している。新開発の X キャパシタの放電機能により、従来必要であった放電抵抗をなくし、抵抗損失を約 20 mW 削減した。さらに、IC の消費電流を従来品の 30% まで削減したことで、電源全体で 30 mW 以下の待機電力を実現した。また、周波数低減特性の最適化により平均効率 89% 以上を実現しており省エネルギーと電源システムのコストダウンに貢献できる。

“FA8A00 series” is the 6th generation pulse width modulation (PWM) power supply control IC, which utilizes the newly developed 0.35  $\mu\text{m}$  process technology. The package is a small outline package (SOP) 8-pin and builds in a 500 V-capable startup circuit. Through a newly developed X capacitor discharge function, the discharge resistance which was formerly necessary is reduced and about 20 mW of resistance losses are reduced. Furthermore, by reducing the IC current consumption to 30% of the conventional products, the standby power of a whole power supply is realized 30 mW or less. Moreover, through optimization of frequency reduction properties, the average efficiency realizes 89% or more. This can contribute to energy efficiency and cost reduction of power source systems.

## 1 まえがき

低炭素社会に向けて省電力の要求が高まる中、さまざまな機器に使われるスイッチング電源についても待機電力や平均効率の規格化が進められ、数年ごとに改訂されてきている。

特に近年、待機電力の削減の要求が大きくなってきており、ある調査では、一世帯当たり年間消費電力の約 6% が待機電力であると報告されている。これは実に年間消費量の 3 週間分に当たる。今後、機器の高機能化や、ネットワークの利用が拡大して常時稼働のシステムが増えることにより、待機電力のさらなる増加が予想されており、対策が急務となっている。

富士電機では、100 V や 230 V の商用交流電源から直接、起動電流を供給できる 8 ピンのスイッチング電源用制御 IC を系列化している。今回、従来品に比べて大幅に低待機電力性能を向上させ、電気機器に最適な保護機能を付加した第6世代 PWM (Pulse Width Modulation) 制御 IC 「FA8A00 シリーズ」を開発した。

## 2 「FA8A00 シリーズ」の概要

FA8A00 シリーズはカレントモード PWM 制御 IC である。外観を図 1 に示す。この IC は、軽負荷時にスイッチング周波数を低減させることで、軽負荷でも高効率を達成することができるスイッチング制御 IC である。500 V 耐圧の起動素子と、起動電流の定電流制御を行う回路からなる起動回路を備えている。また、負荷電流が減少してある一定以下になると、スイッチングを停止してバースト動作を行い、消費電力を極限まで下げることが可能である。これにより、電源として待機電力は 28 mW、平均効率

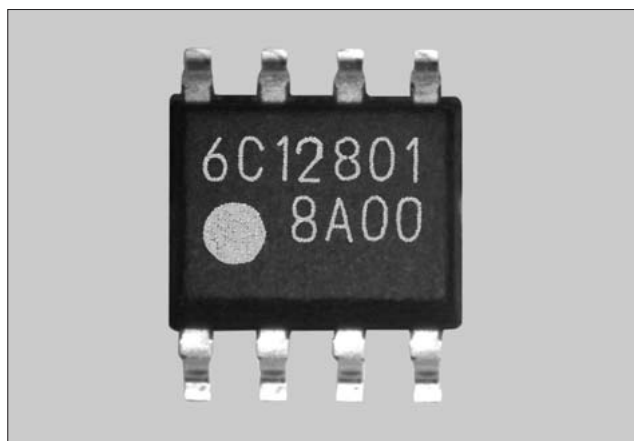


図 1 「FA8A00 シリーズ」

表 1 「FA8A00 シリーズ」の機能概要

項目	「FA8A00シリーズ」	従来品
周波数低減動作	リニア低減+バースト	リニア低減
過負荷保護 交流入力電圧補正	内蔵	なし
Xキャパシタ放電	内蔵	なし
IC消費電流	400 $\mu\text{A}$	1.35 mA
待機電力 (電源動作時)	30 mW以下	87 mW

89.2% を達成した。表 1 に FA8A00 シリーズの機能概要を、図 2 に FA8A00 シリーズのブロック図を示す。

## 3 0.35 $\mu\text{m}$ 500 V プロセス・デバイス技術

今回、従来品よりもいっそうの低消費電力化、制御回路の高精度化を実現するため、新たに 0.35  $\mu\text{m}$  プロセスを開発した。低耐圧デバイスの微細化と 500 V 起動素子を融合させ、これまでアナログ回路で構成していた多くの回路ブ

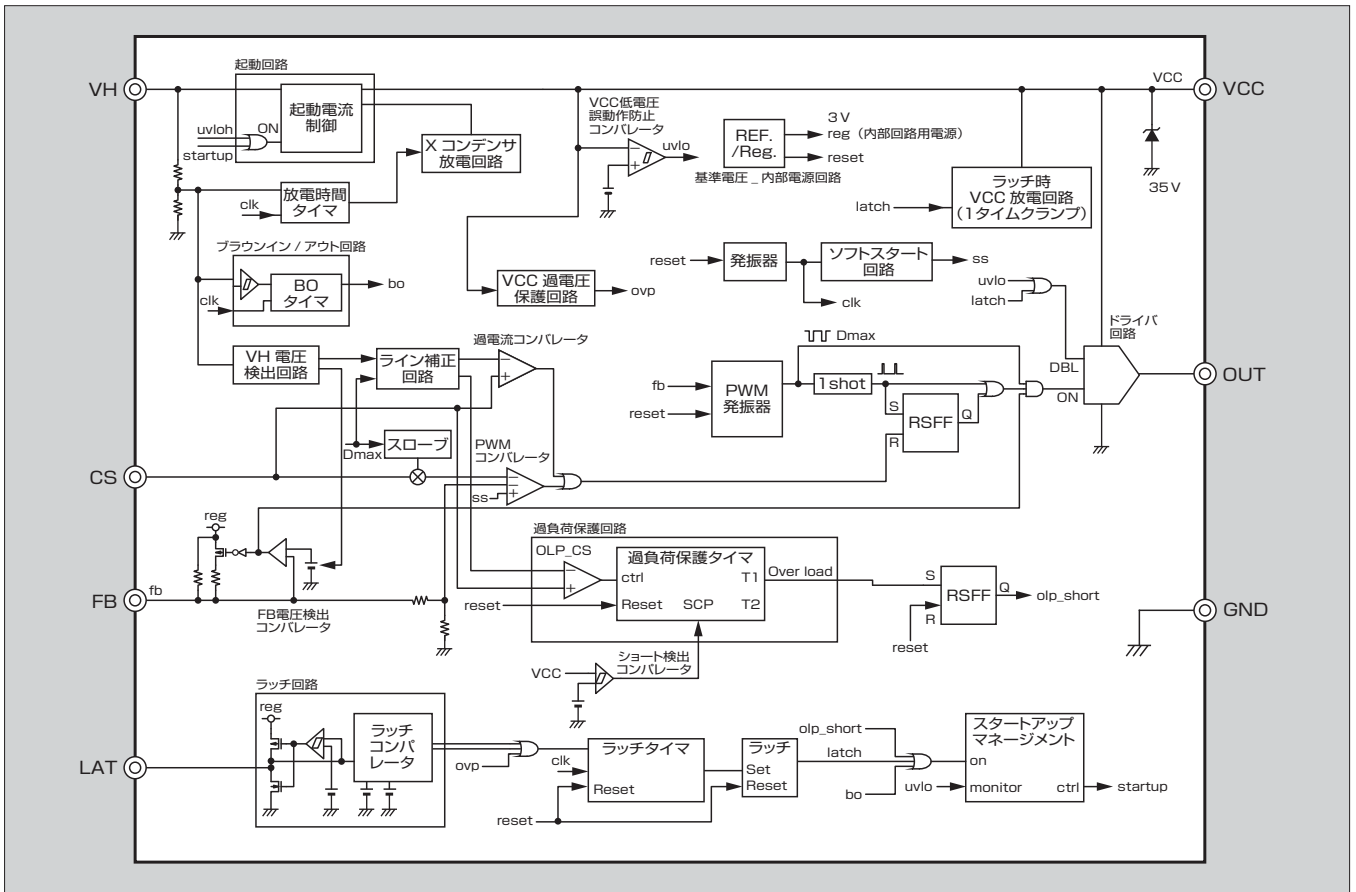


図 2 「FA8A00 シリーズ」のブロック図

ロックをデジタル化することで、低消費電力化が可能になった。

#### 4 主な特徴

##### 4.1 X キャパシタの放電機能

スイッチング電源で発生する伝導ノイズの交流ラインへの流出を低減するため、X キャパシタを接続することが一般的である。ただし、X キャパシタによる感電を防止するため UL60950 などの国際安全規格では、交流電圧遮断後 1 秒以内に、初期値の 37% 以下までその両端電圧を下げる事が定められている。図 3 に従来の放電抵抗 Rx による X キャパシタ Cx の放電回路を、図 4 に Rx による損失 (3MΩ) を示す。従来は、Cx と並列に接続した Rx により放電を行っていた。1 秒間に 37% 以下まで放電するには、Cx を 0.33μF とした場合、Rx は 3MΩ 以下にする必要がある。これにより、交流入力電圧 264V では 20mW 以上の損失が発生してしまう。30mW 以下の低待機電力を実現する上では、Rx での損失を削減することが不可欠とな

〈注 1〉 X キャパシタ : X コンデンサとも呼ばれ、ノイズ除去を目的としたコンデンサである。X キャパシタは、交流電源ライン間に挿入する。蓄積電荷による感電の危険性があるため、国際安全規格 UL60950 などに放電電圧と放電時間が規格化されている。

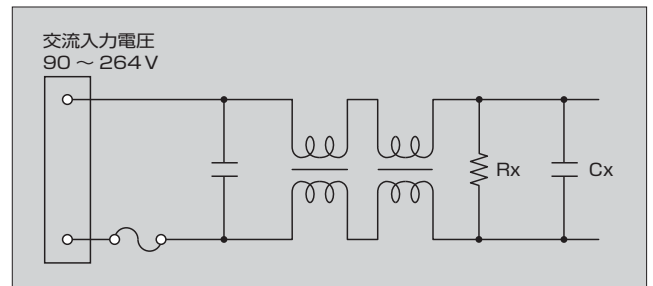


図 3 Rx による Cx の放電回路 (従来)

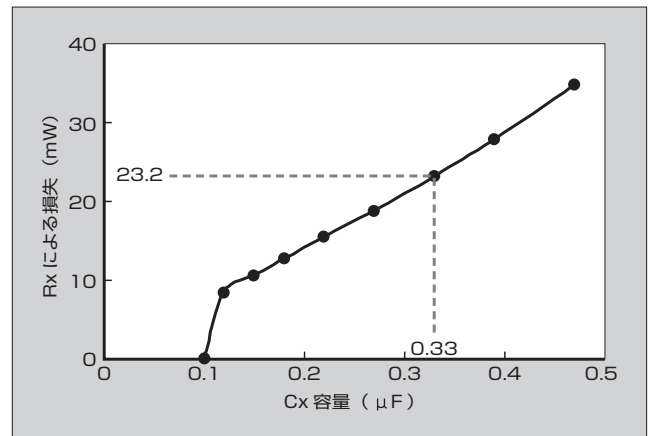


図 4 Rx による損失 (3MΩ)

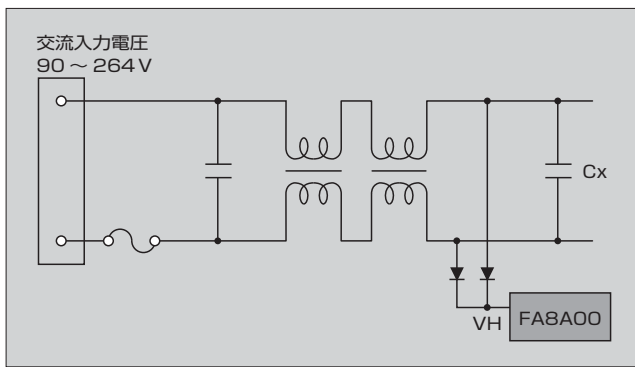


図5 FA8A00シリーズを使ったときの放電回路

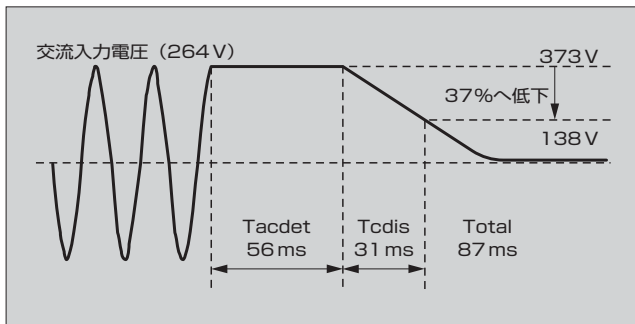


図6 Cx 放電時の動作波形

そこで、FA8A00シリーズではXキャパシタ放電の機能を取り込み、Rxをなくして20mWの損失削減を可能にした。図5にFA8A00シリーズを使ったときの放電回路を、図6にCx放電時の動作波形を示す。ICのVH端子で交流入力電圧の遮断を検出し、ICに内蔵したスイッチを制御してCxの電荷を引き抜く。Cxを交流入力電圧遮断時の37%以下にするまでに要する時間は、遮断検出時間(Tacdet)を含め、Cxが0.33μFのときに平均87msとなる。

本機能を使った場合、Cxを1μFとしても放電までに要する時間は最大310msであり、安全規格に対し十分余裕を持った設計が可能になる。

#### 4.2 保護機能

FA8A00シリーズは、電源システムに最適な保護機能を内蔵しており、少ない外部部品で安全で安定した電源を実現できる。

##### (1) 外部ラッチ機能（過熱保護）

サーミスタTHを接続し、過熱保護として使うローサイド側アクティブラッチ機能は、より高精度・低消費電力化を行った。さらに、VCC過電圧保護の調整などに使えるハイサイド側アクティブラッチ機能を追加した。

##### (2) 低交流入力電圧保護（ブラウンアウト）

交流入力電圧が低い場合、出力電圧が不安定になることや起動が遅くなることがあり、過負荷保護機能により停止してしまう場合がある。このような動作を防ぐため、VH端子で検出された交流入力電圧がしきい値電圧以下の場合に、動作を停止する低交流入力電圧保護機能を内蔵した。

この機能には30ms以上の遅延があるため、瞬時電圧低下が起きても動作停止をしない仕様である。

##### (3) 過負荷保護機能

CS端子電圧をカウント周期500μsごとに検出するアップダウンカウンタを持ち、CS端子電圧があるしきい値以上になるとカウントアップを始め、所定数カウント後に過負荷と判断し、動作を停止する過負荷保護機能を内蔵した。過負荷保護機能によりラッチ停止するタイプと再起動（自動復帰）するタイプがある。さらに、ラッチタイプには、モータ駆動などのピーク負荷に対応しカウント周期を860msと長くしたタイプも系列化した。また、CS端子電圧がさらに高くなるとON幅を狭め、CS端子電圧があるしきい値を超えないようにするリミット機能も併せ持つ。

##### (4) 負荷短絡保護機能

過負荷状態でカウントアップしているときにVCC電圧があるしきい値以下まで低下した場合、負荷短絡状態とみなし即座にスイッチングを停止する機能を持たせた。この機能により負荷短絡時のパワーMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）の破壊を防ぐことができる。ただし、出力電圧を切り替えるタイプの電源では、出力電圧を下げたときにVCC電圧が通常動作より低くなり、負荷短絡を誤検出しやすくなってしまふ。そこで、負荷短絡状態をFB端子電圧で検出するタイプも系列化した。このタイプであれば、VCC電圧に依存しない負荷短絡保護が実現できる。

## 5 電源回路への適用効果

### 5.1 30mW待機電力と平均効率

FA8A00シリーズは、従来品と比較して消費電流を大幅に低減した。内部回路のデジタル化と内部回路用電源の低電圧化を行い、消費電流は従来品の約30%となった。これにより、Xキャパシタ放電機能の追加によってRxでの損失をなくしたこと（4.1節）と合わせ、スイッチング電源システムでの待機電力を30mW以下にできた（図7）。

また、待機時は25kHzのスイッチング周波数でバースト動作を行う。一般的に、バースト動作ではスイッチング

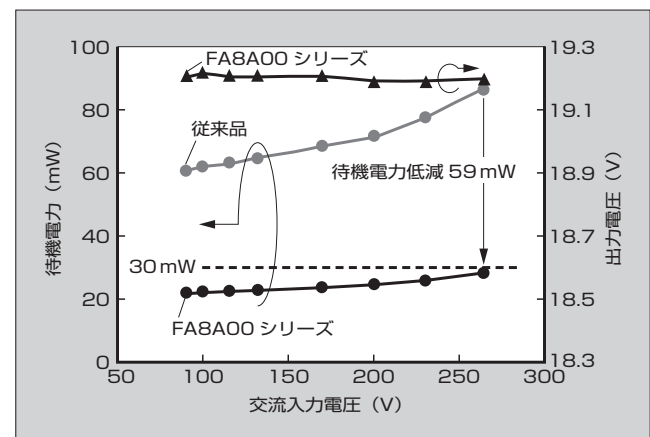


図7 待機電力の低減

休止期間を長くすることで消費電力の低減を行うため、出力電圧が大きく変動してしまうことが問題となっていた。FA8A00シリーズでは、FB端子の出力電流を最適化することで待機電力30mW以下を実現しつつ、バースト動作時の出力電圧変動を±5%以下にできた。

図8に示すように、平均効率は従来品に比べて0.4%向上した。スイッチング周波数の低減特性を最適化することで、負荷率が低いときに大きく効率が向上した。交流入力電圧230Vでの平均効率は89.2%となり、EPA5.0<sup>(注2)</sup>で定められている平均効率87%以上に対して2%の余裕を持つことができた<sup>(1)</sup>。

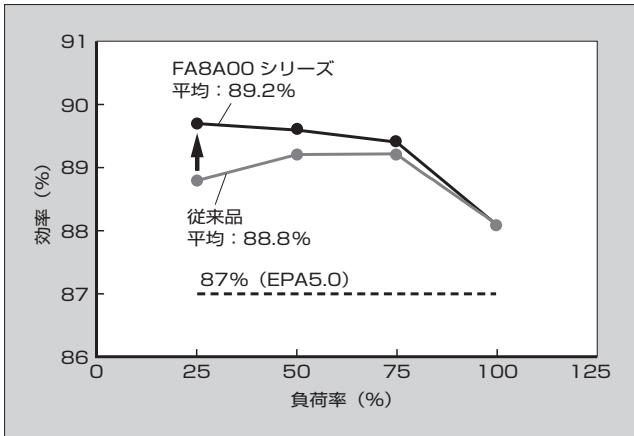


図8 効率の向上

図9に、これらの評価に用いた評価用電源ボードの回路図を示す。

### 5.2 過負荷時出力電流の交流入力電圧依存性改善

過負荷時における出力電流は、交流入力電圧に比例して大きくなってしまいうため、従来品ではCS端子と一次側平滑電圧(C3プラス電圧)の間に抵抗を挿入して補正する必要があった(図9)。この方法では、交流入力電圧90~264Vの範囲内で、過負荷時の出力電流幅が±10%程度と大きな値になっていた。

今回、交流入力電圧補正機能をICに内蔵することで、

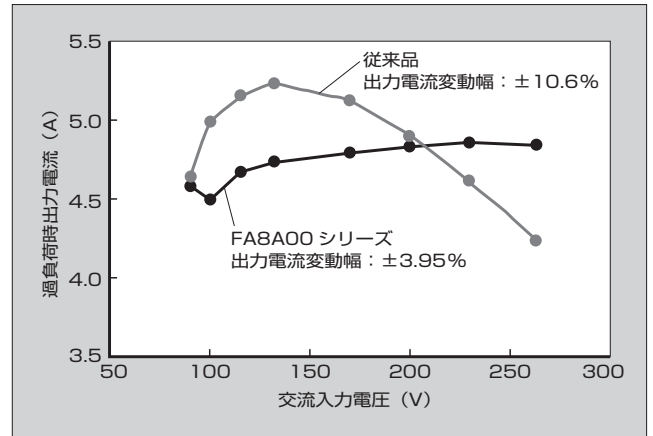


図10 過負荷時出力電流のフラット化

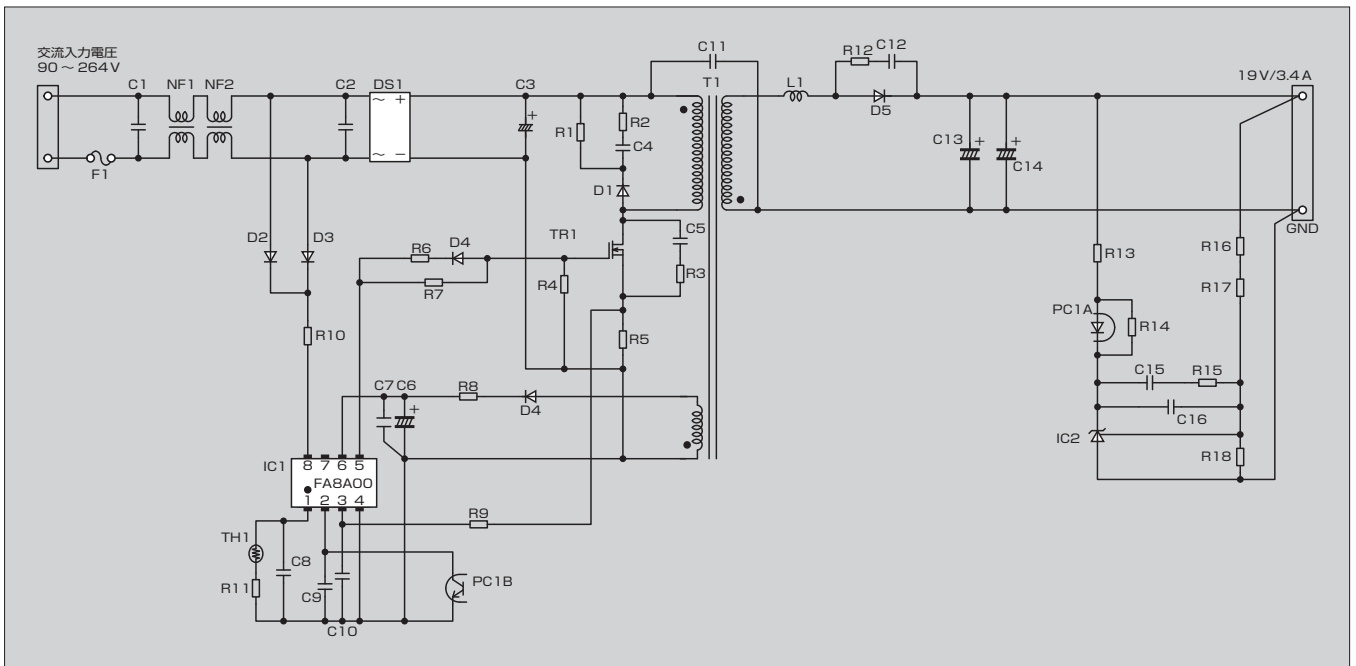


図9 「FA8A00シリーズ」評価用電源ボード回路(19V/3.4A 65W)

〈注2〉 EPA5.0: 国際エネルギー省エネプログラムの外部電源装置(EPS)基準である。国際エネルギー省エネプログラムは、OA機器の省エネルギーのための国際的な環境ラベリング制度であり、経済産業省と米国環境保護庁の相互承認の下で運営している。

補正用の外付け部品を不要にし、さらに精度を向上して $\pm 4\%$ 以下の出力電流変動幅を実現した。図10に示すように、従来は交流入力電圧100V以下で出力電流が急激に減少する特性を持っていた。このため、交流入力電圧150V付近に出力電流のピークがくるように調整を行い、交流入力電圧が高いときには出力電流が下がる傾向となっていた。FA8A00シリーズでは、交流入力電圧100V以下での出力電流低下を抑えるために、CS端子電圧しきい値の切替えを行う。これにより、入力電圧の全範囲で出力電流がフラットな特性を実現できた。

### 5.3 電源部品削減効果

電源から発生するEMIノイズを低減するため、電源の入力部分に、ノイズフィルタとしてコモンモードチョークコイルやコンデンサを挿入する。最大のノイズ発生源はパワーMOSFETのスイッチングであるが、スイッチング周波数を変動(周波数拡散)させることでノイズの周波数を分散することができる。FA8A00シリーズは、周波数変動周期を従来品の $1/4$ とすることで最適化を図り、規格に対するノイズマージンを11dB以上確保することが可能となった。

この機能により、入力フィルタの小容量化や削減が可能である。

### 6 あとがき

本稿では、第6世代PWM制御IC「FA8A00シリーズ」について述べた。カレントモードPWM制御ICには、多

くの機能を内蔵する要求が増えている。今後、小型8ピンパッケージでこれを実現し、さらに各特性の調整が簡単にできるICの開発を行い、市場のニーズにマッチした製品を提供していく所存である。

### 参考文献

- (1) 朴虎岡ほか. EPA5.0規格対応カレントモードPWM制御IC「FA5592シリーズ」. 富士時報. 2009, vol.82, no.6, p.403-407.



#### 藪崎 純

スイッチング電源制御ICの開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部パワー半導体事業統括部ディスクリート・IC技術部。



#### 山根 博樹

スイッチング電源制御ICの開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部パワー半導体事業統括部ディスクリート・IC技術部。



#### 小林 善則

スイッチング電源制御ICの開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部パワー半導体事業統括部ディスクリート・IC技術部。





\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。