

多機能ボルテージモード PWM 制御 IC 「FA5604 シリーズ」

Multi-function Voltage Mode PWM Controller

佐藤 紘介 Kosuke Sato 丸山 宏志 Hiroshi Maruyama 本井 康朗 Yasuro Motoi

電源装置には小型化、低待機電力化、高効率化、高安全性が求められている。これらの要求に対応するため 8 ピンボルテージモード PWM-IC を開発した。主な特徴として、電源電圧絶対最大定格 35 V、低スタンバイ電力機能、軽負荷時制御系電源維持機能、過負荷時ヒカッパ機能、定電流垂下機能などがある。特に、定電流垂下特性を少ない外付け部品で実現できることから、バッテリーなど定電流特性が求められる負荷に接続される電源を含め、さまざまな用途の電源への応用が可能である。

Power supply units are requested to be smaller in size, consume less standby power, and provide higher efficiency and improved safety. In response to such requests, Fuji Electric has developed an 8-pin voltage mode PWM controller, the main features of which include a maximum power supply voltage rating of 35 V, a low standby power function, a control system power maintenance function for operation at light loads, hiccup function at overload, and a constant current droop function. Because the current drooping characteristic can be obtained with a few external parts, this IC can be used in power supplies for various applications, such as a power supply connected to batteries or other load requiring a constant current characteristic.

1 まえがき

近年、電源装置には小型化、低待機電力化、高効率化などが求められている。これらの要求に対応するため、富士電機では高効率で低スタンバイ電力機能を内蔵したカレントモード電源制御 IC を製品化して^{(1)~(3)}おり、パソコンやフラットテレビなどへの採用も進んでいる。

一方で通信や産業用途に使われる大中容量ユニット電源には、ノイズ耐性に優れ、オンデューティの制御範囲の広いボルテージモード PWM (Pulse Width Modulation) 制御 IC が多く使用されている。これらの電源は過負荷時にパワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) などの部品や負荷の発熱や破損を防ぐ保護機能が重要視されている。特に過負荷時に過大な電流が流れないように定電流垂下する保護動作が好まれる。電源装置の小型化のためにも保護機能を IC に内蔵し、より少ない部品でこれらの保護動作を実現できることが望まれている。

そこで、小型 8 ピンパッケージで低スタンバイ電力機能や各種保護機能を内蔵したボルテージモード PWM 制御 IC 「FA5604 シリーズ」を開発した。本 IC は、過負荷時

の定電流垂下特性を少ない外付け部品で実現できる。またこの特性を定電流源として利用すれば、バッテリー充電用電源など、定電流動作が求められる電源への応用も可能である。

2 製品の概要

2.1 製品の特徴

今回開発した FA5604 シリーズの外観を図 1、主な仕様を表 1、ブロック図を図 2 に示す。また、特徴となる機能を次に列挙し、後にその詳細を説明する。

表 1 「FA5604 シリーズ」の主な仕様

項 目		FA5604	FA5605	FA5606	
電源電圧の絶対最大定格		35 V			
スイッチング周波数		100 ～ 300 kHz (外部設定可能)			
最大デューティ		46%	70%		
軽負荷動作	周波数低減	定格負荷時のスイッチング周波数の 1/3 まで低減可能			
	最小オン幅	400 ns			
保護機能	低電圧誤動作防止 (UVLO)		17.5 V / 9.7 V		
	一次側過電流保護		パルスバイパルス (IS 端子、マイナス検出)		
	二次側過負荷保護	ヒカッパ動作	1 : 7	1 : 15	1 : 7
		周波数低減	定格負荷時のスイッチング周波数の 1/9 まで低減可能		
	タイマラッチ機能		CS 端子電圧 > 7.3 V 50 μs 検出遅延あり		
動作周囲温度		－ 40 ～ + 85 ℃			
パッケージ		SOP-8/DIP-8			

図 1 「FA5604 シリーズ」の外観

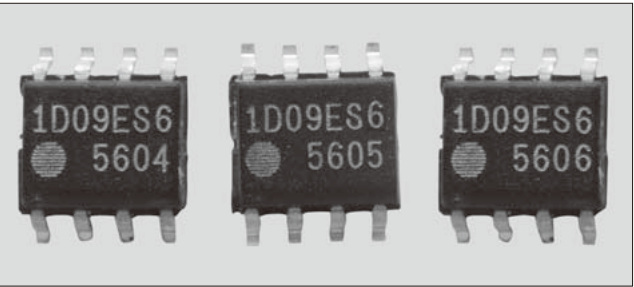
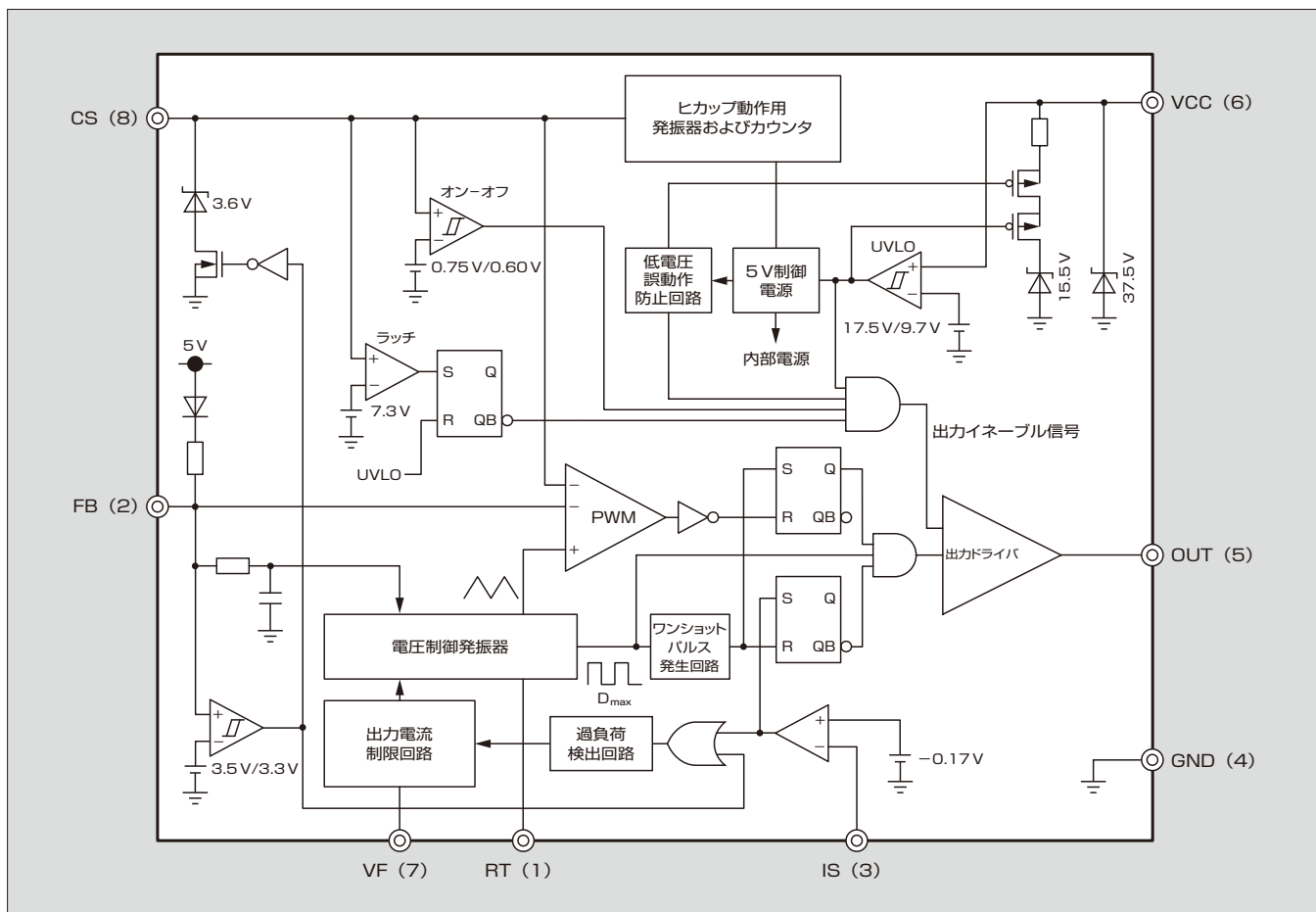


図2 「FA5604 シリーズ」のブロック図



- (1) ボルテージモード PWM 制御
- (2) 電源電圧の絶対最大定格 35 V
- (3) 低スタンバイ電力機能
- (4) 軽負荷時制御系電源維持機能
- (5) 過負荷時ヒカッパ機能
- (6) 過負荷時周波数低減機能と定電流垂下特性

2.2 機能の詳細

(1) ボルテージモード PWM 制御

本 IC ではボルテージモード PWM 制御方式を採用している。これによりカレントモードと比較し、ノイズ耐性に優れ、ブランキングタイムがないためオンパルス幅を小さくすることが可能でオンデューティの制御範囲が広い。

(2) 電源電圧の絶対最大定格 35 V

本 IC では、電源電圧の絶対最大定格を従来機種より 5 V 高い 35 V に対応し、電源電圧範囲を広くしている。そのため、IC の電源をトランスの補助巻線から取る場合、入力電圧変動や負荷変動に対し IC の電源電圧安定化部品が不要となる。

(3) 低スタンバイ電力機能

軽負荷時のスイッチング損失低減のために、負荷に応じてスイッチング周波数を低下させる。スイッチング周波数は最低で定格負荷時の約 1/3 となる。

本 IC は従来機種と異なり、最大オンパルス幅は一定で

オフ期間を延長することで周波数低減動作を実現している。これにより、周波数低減時に過負荷状態へ負荷急変した場合に、広いオンパルスが出力されることによる一次側パワー MOSFET に過電圧や過電流といったストレスがかかることを防ぐことができる。

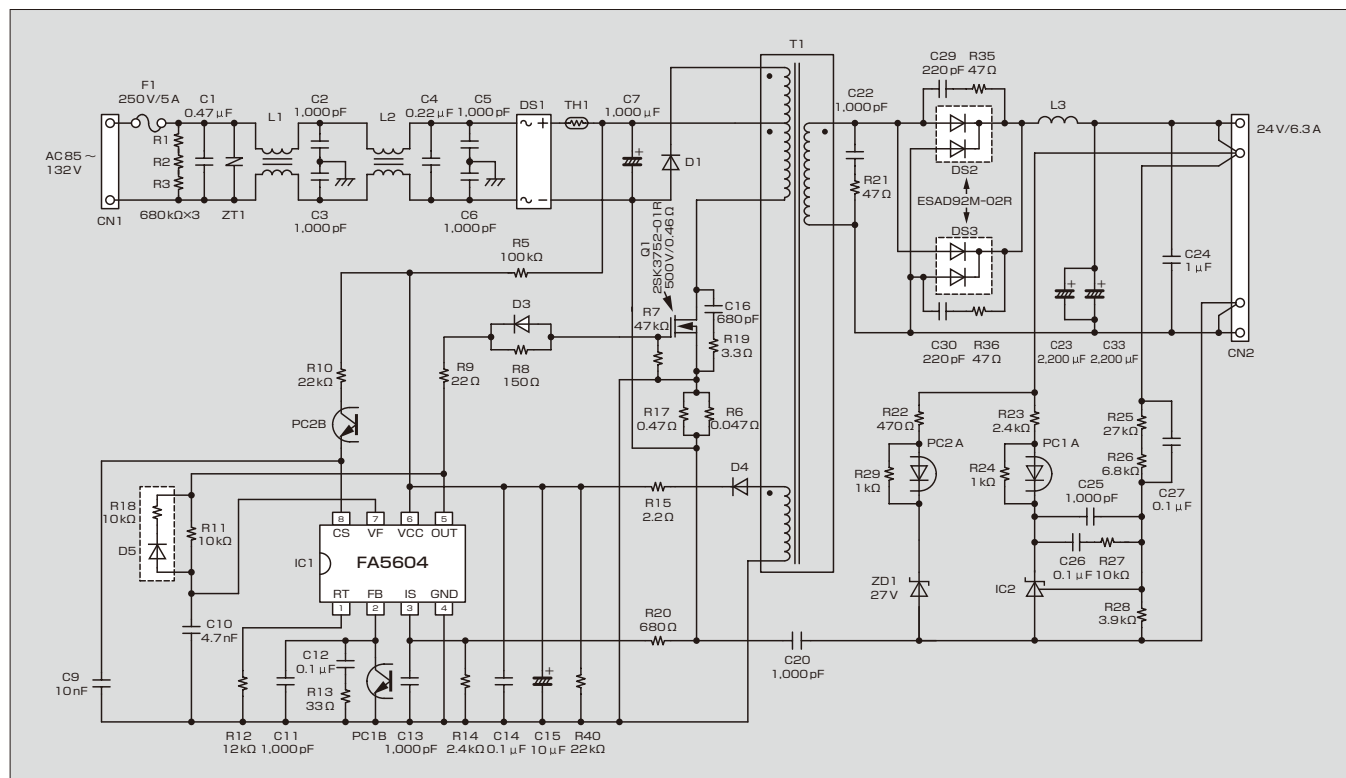
(4) 軽負荷時制御系電源維持機能

PWM 制御のスイッチング電源では、軽負荷時にはオンパルス幅が狭くなり、補助巻線から十分な電圧を得られず、IC の電源が確保できなくなる。そのため、電源装置は起動と停止を繰り返す不安定動作となる。その対策として出力端にダミー負荷などを接続し、ダミー負荷に電流を流すことで安定動作できるようにしている。しかし、これが軽負荷時の効率向上の妨げとなっていることも多い。

本 IC では、軽負荷時の IC のオンパルス幅の最小値を 400 ns としている。これにより、軽負荷時に補助巻線からの電圧を確保することができる。そのため、ダミー負荷（抵抗など）が削除可能で、軽負荷時の効率を改善できる。

なお、軽負荷時にオンパルス幅が最小値となっても周波数低減機能により PFM (Pulse Frequency Modulation) 制御となるため、さらに軽負荷となっても出力の制御は可能である。また、カレントモードのブランキングタイムとは異なり、パルスバイパルスの電流制限動作は常時有効である。したがって、過電流検出時は最小オンパルス幅の制限はなく、400 ns 以下のオンパルス幅にすることができる。

図3 「FA5604」の評価用電源回路



(5) 過負荷時ヒカッパ動作機能

過負荷時、スイッチング動作とスイッチング停止を一定の期間比率で行うヒカッパ動作を行う。それにより、過負荷時のパワー MOSFET の温度上昇を防いでいる。特に、二次側同期整流を採用している場合に、二次側の整流を行う MOSFET の温度上昇を防ぐのに有効である。スイッチング動作期間とスイッチング停止期間の比率は、FA5604/FA5606 は 1 : 7, FA5605 は 1 : 15 (内部固定) である。IC 内部に CS 端子に接続したコンデンサに対して定電流で充放電を繰り返す発振回路と発振波形をカウントするカウンタを内蔵しており、これらによりヒカッパ動作の周期を決定している。したがって、CS 端子に接続するコンデンサ容量によりヒカッパ動作の周期が設定できる。

(6) 過負荷時周波数低減機能と定電流垂下特性

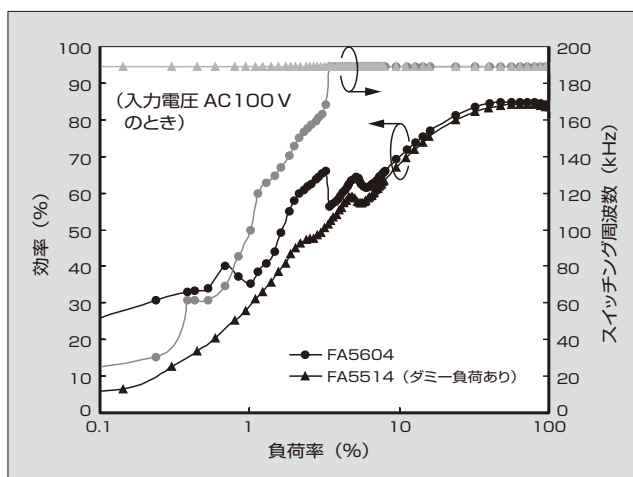
VF 端子には電源出力に応じた信号を入力しておき、過負荷を検出した際には VF 端子電圧に応じてスイッチング周波数を低減する。周波数低減動作は軽負荷時と同じで、最低スイッチング周波数は定格負荷時の約 1/9 となる。この動作により電源出力の $V-I$ 特性は定電流垂下特性となる。また、この周波数低減動作により過負荷時に高周波スイッチングすることによるパワー MOSFET の発熱などのストレスを軽減できる。

3 電源への適用効果

3.1 評価用電源回路の構成

図3に評価用電源回路を示す。一般的なフォワード方式の電源構成としている。スイッチング周波数は 190 kHz に

図4 効率、スイッチング周波数－負荷率特性



設定している。VF 端子にはパワー MOSFET のゲート駆動信号 (IC_OUT 信号) を平滑して入力している。本 IC の評価において、従来機種として類似した電気的特性を持ち、軽負荷時および過負荷時の周波数低減機能と軽負荷時制御系電源維持機能を持たない「FA5514」との比較を行っている。

3.2 軽負荷動作および効率

図4に評価電源回路の入力電圧は AC100 V のときの負荷率 (定格出力電流を 100% とする) に対する効率とスイッチング周波数の関係を示す。

図4から、FA5604 は負荷率約 3.5% からスイッチング周波数を低減し始めることで、周波数低減機能のない従来

品の「FA5514」より効率が改善できている。

また、FA5604 は軽負荷時制御系電源維持機能により無負荷でも安定動作できるのに対し、FA5514 は負荷率 0.5% 以下では補助巻線から制御系回路への電圧供給が十分に得られず、IC の電源電圧が UVLO (Under Voltage Lock Out) 電圧まで低下し、起動と停止を繰り返す不安定動作となる。この不安定動作を回避するために、出力端に 800 Ω のダミー負荷を接続している。ダミー負荷の有無により、FA5604 の効率の方が負荷率 10% 以上では約 2%、負荷率 10% 未満の軽負荷時には 5 ~ 20% 高い。

なお、FA5604 のスイッチング周波数が設定した周波数の 1/3 以下まで低下しているのは、間欠スイッチング動作となっているためである。

3.3 過負荷時保護機能

(1) ヒカッパ動作機能

図 5 に過負荷時のヒカッパ動作波形を示す。通常動作時、CS 端子はソフトスタート完了後、約 3.6V でクランプされる。過負荷検出後、CS 端子は約 4V と約 6V の間で発振動作し、この発振波形を IC 内部でカウントしている。CS 端子に接続するコンデンサ容量が 10nF の場合、スイッチング動作期間は約 260ms (64 カウント分)、ス

イッチング停止期間は約 1,800ms (448 カウント分) となり、スイッチング動作期間：スイッチング停止期間は 1 : 7 となっている。

スイッチング再開時は、図 6 に示すように CS 端子電圧を一度 0V 近傍まで低下させた後、ソフトスタートをしながらスイッチング動作を再開する。

(2) 周波数低減動作機能と定電流垂下特性

図 7 に出力電圧－負荷電流率特性 (過負荷検出時の出力電流値を 100% とする) を示す。また、図 8 にはスイッチング周波数を示す。なお、この特性の測定時には CS 端子－GND 間にツェナーダイオードを接続してヒカッパ動作機能が有効にならないようにしている。

図 7 から、周波数低減機能のない FA5514 は過負荷時に出力電流が大きくなってしまいうのに対し、FA5604 は出力電流を制限し、垂下特性となっていることが分かる。また、パワー MOSFET のゲート駆動信号 (IC_OUT 信号) を平滑にする抵抗 R11 と並列に R18 と D5 を接続し、周波数を低減しやすくすることによって垂下特性曲線を補正することができる。ただし、ヒカッパ動作を併用する場合は周波数低減しやすくなることにより、電源の起動直後にヒカッパ動作に入ってしまう、起動しづらくなったり起動

図 5 ヒカッパ動作 (CS 端子接続コンデンサ容量 10nF)

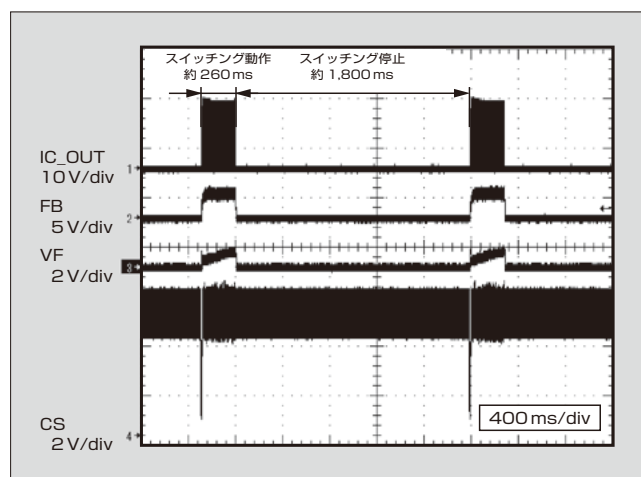


図 6 再起動時波形 (CS 端子接続コンデンサ容量 10nF)

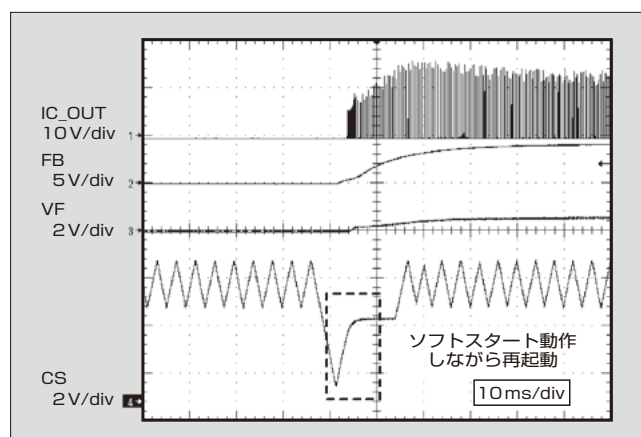


図 7 出力電圧－負荷電流率特性

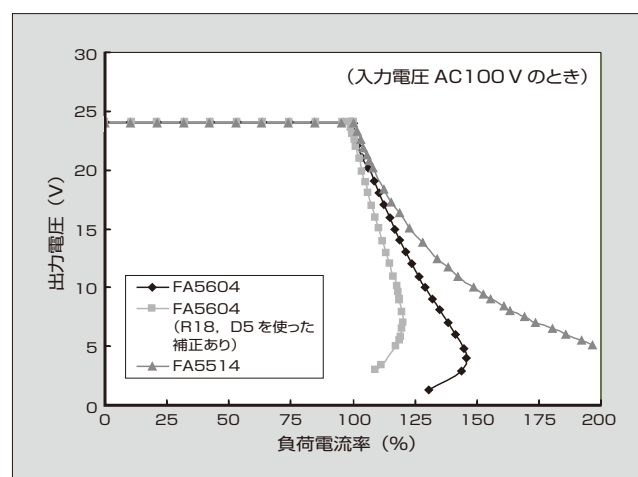
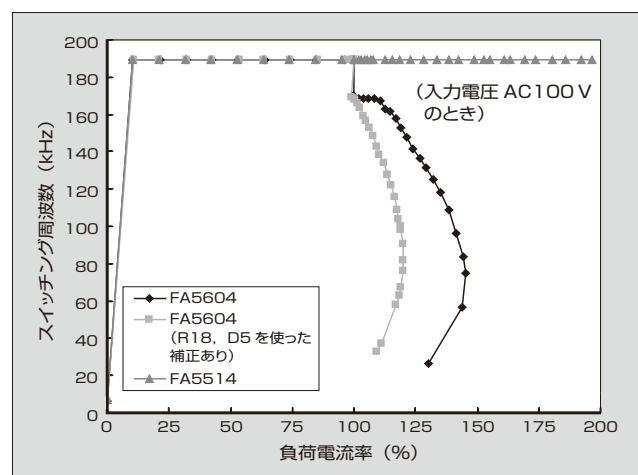


図 8 スイッチング周波数－負荷電流率特性



できなくなることがあるため、部品定数の設定は重要である。以上のように、垂下特性が容易に実現できることにより、バッテリーなどの定電流特性が重要となる負荷に接続される電源など、幅広い分野の電源への応用が可能となる。

④ あとがき

新規に開発した多機能ボルテージモード PWM 制御 IC「FA5604 シリーズ」の概要について紹介した。この IC は、小型の 8 ピンパッケージでありながら、低スタンバイ電力機能や多くの保護機能を内蔵している。通信および産業用市場の拡大に伴う電源装置の小型化、高効率化、安全性などの要求を満足することができるものとする。

本製品の市場展開および系列機種開発により、これらの市場のさらなる要求に応えていく所存である。

参考文献

- (1) 藤井優孝ほか. 多機能低待機電力PWM電源IC「FA5553/FA5547シリーズ」. 富士時報. 2007, vol.80, no.6, p.436-440.
- (2) 丸山宏志ほか. 低待機電力擬似共振電源IC「FA5571シリーズ」. 富士時報. 2008, vol.81, no.6, p.415-418.

- (3) 園部孝二ほか. 臨界型PFC電流共振統合電源IC「FA5560M」. 富士時報. 2008, vol.81, no.6, p.419-423.



佐藤 紘介

電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部半導体統括部ディスクリート・IC 開発部。電気学会会員、日本磁気学会会員。



丸山 宏志

スイッチング電源制御 IC の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部半導体統括部ディスクリート・IC 開発部。



本井 康朗

スイッチング電源制御 IC の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部半導体統括部ディスクリート・IC 開発部。





＊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。