

低待機電力擬似共振電源 IC 「FA5571 シリーズ」

丸山 宏志 (まるやま ひろし)

手塚 伸一 (てづか しんいち)

淵先 寛教 (ふちさき ひろのり)

特集

1 まえがき

近年、地球規模の温暖化が世界的な問題としてクローズアップされ、電気製品全般での省エネルギー化が重要となっている。特に常時コンセントに接続したまま使用することの多いテレビ、オーディオ製品、ノートパソコンやプリンタなどの周辺機器では実使用时间以外の待機状態の時間が長く、この待機時消費電力の削減、および動作時においても高効率化への要求が高まっている。国際エネルギースタートプログラム^(注)を中心とした省エネルギー基準もより厳しいものにバージョンアップされている。そのため、電源にとって新基準への対応が必須の課題となっている。

富士電機では、今までに商用交流電源 (AC100V, AC240V) を直流電源に変換する AC-DC コンバータ用スイッチング電源の制御 IC の系列化を行ってきた。その中でも低待機電力化に有効な起動素子内蔵タイプの製品系列化を推進している。年々厳しくなる電源への要求に対し、高効率化・低ノイズ化に優れている擬似共振方式の 8 ピン電源制御 IC の新系列品として「FA5571 シリーズ」を開発したので、その概要を紹介する。

2 製品の概要

2.1 特徴

FA5571 シリーズは、擬似共振方式のスイッチング電源用に開発した制御 IC で、「FA5531/41 シリーズ」の後継機種である。図 1 に製品の外観 (SOP-8) を示す。パッケージは SOP-8 と DIP-8 を用意した。図 2 に FA5571 の回路ブロック図を示す。

図 2 の右上にある VH 端子と VCC 端子の間にある定電流源が 500V 耐圧起動素子である。商用の高電圧 240V を直接入力することが可能で、さらに電流をオンオフさせる

〈注〉国際エネルギースタートプログラム：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。経済産業省と米国環境保護庁の相互承認の下で経営している。

スイッチ機能も持っている。電源装置の起動時の動作を図 3 の評価用電源回路を例に説明する。電源装置をオンすると IC のスイッチングを開始させるために AC 入力からダイオード D3、抵抗 R11、IC の VH 端子を經由して VCC 端子に 500V 起動素子を通して電流を供給する。スイッチング開始後、トランスの補助巻線 6 からダイオード D4、抵抗 R13 を通して VCC 端子に電流が供給されるため、起動素子をオフして高圧ラインからの起動電流を止めることで、簡単に起動電流での損失を削減できる。起動素子がな

図 1 製品の外観 (SOP-8)

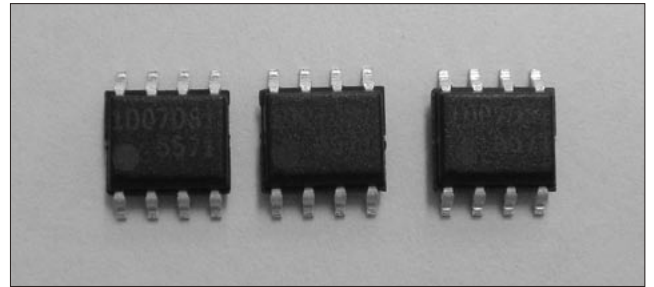
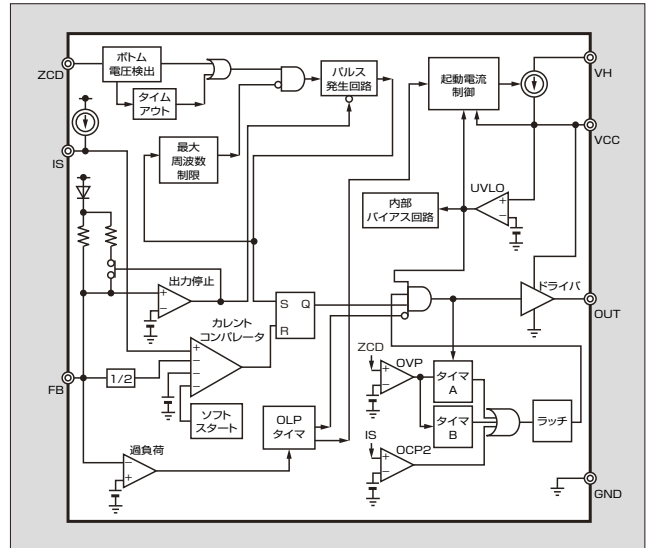


図 2 FA5571 の回路ブロック図



丸山 宏志

スイッチング電源 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジ株式会社半導体開発営業本部開発統括部ディスクリート・IC 開発部。



手塚 伸一

スイッチング電源 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジ株式会社半導体開発営業本部開発統括部ディスクリート・IC 開発部。



淵先 寛教

スイッチング電源 IC の拡販に従事。現在、富士電機デバイステクノロジ株式会社半導体開発営業本部営業統括部西日本支社。

図3 評価用電源回路

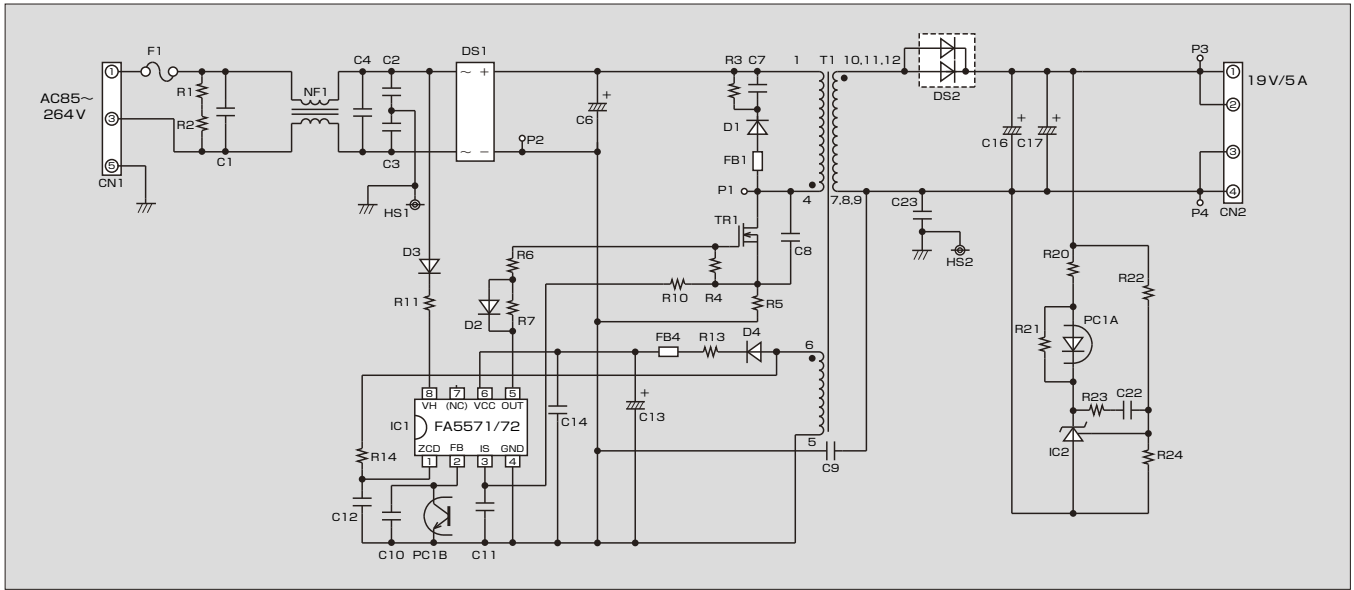


表1 FA5571シリーズと従来機種との比較

項目	FA5571シリーズ (新開発品)				従来機種			
	FA5571	FA5572	FA5573	FA5574	FA5541	FA5542	FA5531	FA5532
軽負荷動作	間欠動作		周波数低減		間欠動作		周波数低減	
間欠動作開始FB電圧	0.4V		—		0.34V		—	
周波数低下開始FB電圧	—		1.15V		—		1.3V	
過負荷動作	自動復帰	タイマラッチ	自動復帰	タイマラッチ	自動復帰	タイマラッチ	自動復帰	タイマラッチ
VCC端子短絡時のVH端子電流低減	VCC端子電圧が低い場合、VH端子電流を制限 VH端子電流=1.6mA (VCC端子電圧が0Vのとき)				VCC端子短絡時7.6mA (電流制限抵抗必要)		VCC端子短絡時8mA (電流制限抵抗必要)	
ZCD端子のOVP検出	外部ラッチ機能 ブルアップ後57μsでラッチ +ターンオフから2.3μs後でラッチ検出				外部ラッチ機能 ブルアップ後48μsでラッチ		外部ラッチ機能 ブルアップ後48μsでラッチ	
IS端子短絡保護機能の追加	2.0V				なし		なし	
VCC端子のUVLOレベル	上側18V/下側8V				上側10.2V/下側9.0V		上側9.85V/下側9.1V	
内部ソフトスタート	2.6ms (起動時のみ)				1ms (起動時のみ)		1ms (起動時のみ)	
VCC端子のOVP検出	なし				28V		28V	

い場合は、高圧ラインからICのVCC端子へ常時起動電流を流し続けるため0.2W程度の損失が常に発生し、待機電力1W以下の実現が難しくなる。

そのため低待機電力と擬似共振の低ノイズ性がメリットとなるインクジェット用プリンタ、液晶テレビ、AV製品などの待機電源に適している。

ICの主要特性は、以下のとおりである。

- (a) 最大定格：VCC端子30V
- (b) 出力ピーク電流：シンク側+0.5A、ソース側-0.25A
- (c) 最大スイッチング周波数：120kHz

2.2 従来機種との機能比較

表1に、FA5571シリーズと従来機種の仕様を比較できるように示す。

(1) 系列品

FA5571シリーズは、従来のFA5531/41シリーズと同

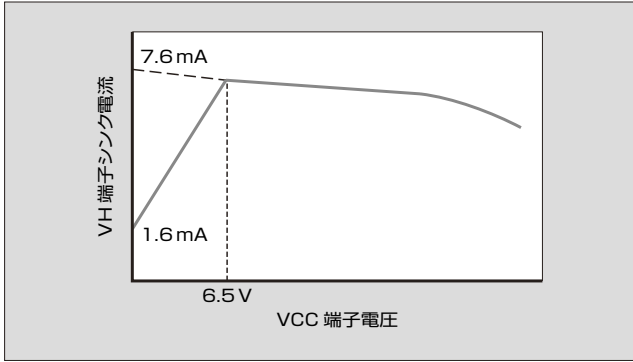
様に待機時の動作と過負荷保護の動作の組合せて、4機種の系列品をラインアップした。軽負荷時に間欠動作に移行する方式のFA5571/72と、間欠せずにスイッチング周波数を低減する方式のFA5573/74がある。また、過負荷保護の動作がFA5571/73は自動復帰、FA5572/74はタイマラッチ動作となっており、電源用途に応じて機種を選択できる。

(2) VCC端子短絡時のVH端子電流の低減

図4に、電源起動時にVH端子からVCC端子の電解コンデンサへ供給される充電電流(VH端子シンク電流)とVCC端子電圧の関係を示す。従来機種は、アブノーマル試験でVCC端子のGND端子短絡試験をすると、7.6mAの電流が高圧(ACライン電圧)のVH端子からVCC端子に流れ続ける。その状態を長時間継続するとICの発熱が過大となる問題があった。

FA5571ではVCC端子電圧が6.5V以下になると、この

図4 VCC-GND 短絡時のVH 電流制限



電流がVCC端子電圧に比例して低下するように設定されており、VCC端子電圧=0V時に1.6mAまで制限される。その結果、ICの発熱を抑えることができる。

(3) ZCD端子での過電圧検出

従来機種では、二次側出力の過電圧(OVP)を間接的にVCC端子で検出を行っていた。FA5571では、この機能を精度・応答時間向上のためZCD端子で行っている。図5に示すように、パワーMOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)のターンオフから2.3μs後のタイミングでZCD端子電圧が過電圧レベルを超えているとラッチ停止する。従来機種と同様に、外部プルアップでのタイマラッチ機能も内蔵している。

(4) IS端子のラッチ機能

FA5571では、トランス巻線の短絡・飽和による異常電流が流れた場合にラッチ停止させるため、IS端子がリミット電圧である1Vの2倍の2V以上となった場合にラッチ停止させる短絡保護機能を追加した。

③ 電源回路への応用

3.1 評価用電源

このICを使用したスイッチング電源の特性を、図3に基づき説明する。この電源の主な仕様を以下に示す。

- 入力電圧：AC85～264V
- 電源出力：DC19V, 95W(max)
- 過負荷保護, 過電流制限, 過電圧ラッチ保護
- 最大スイッチング周波数：120kHz

3.2 擬似共振動作

図6に擬似共振電源のパワーMOSFET TR1のドレイン電圧V_{DS}波形を示す。パワーMOSFETがターンオンするとトランスT1の一次側に電流を流すことでトランスにエネルギーが蓄積される。パワーMOSFETがターンオフすると蓄積したエネルギーをトランスの二次側に電流を流して放出する。このとき、ドレイン電圧には整流電圧(C6電圧)とトランスT1のフライバック電圧が印加される。そしてエネルギーを放出し終わった後、トランスのインダクタンスとパワーMOSFETに並列接続されたコンデンサC8との間で直列共振振動を発生する。この共振電圧の極

図5 ZCD端子での過電圧検出タイミング

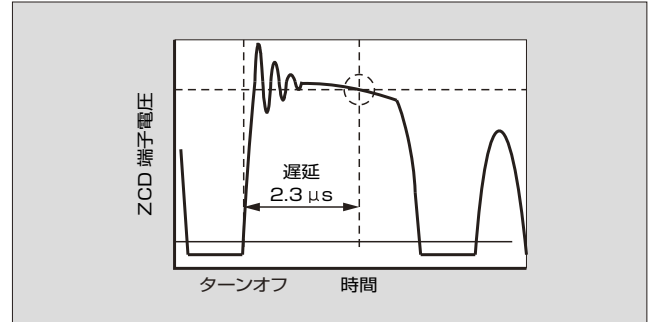
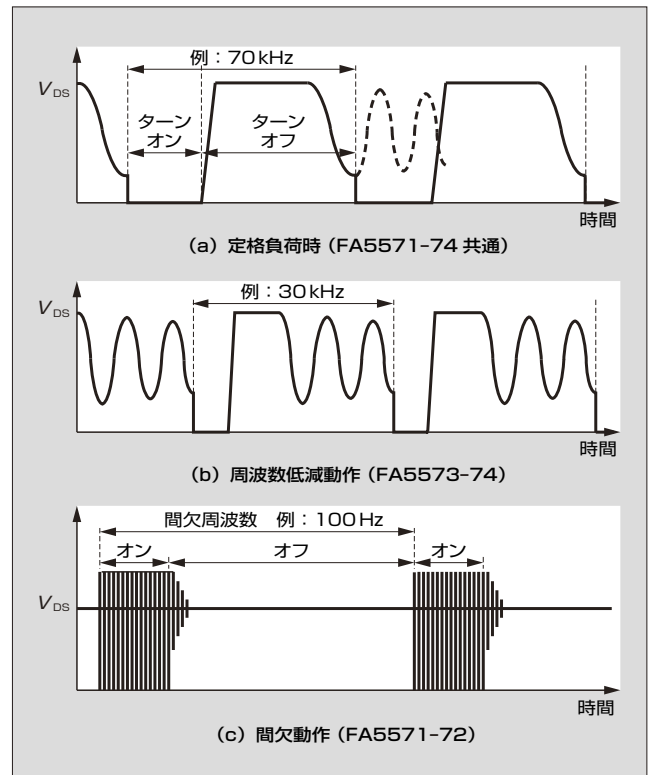


図6 動作波形(パワーMOSFETのドレイン電圧波形)



小点でパワーMOSFETをターンオンするように制御を行う方式が擬似共振動作である。これによりドレイン電圧ゼロ、かつ低いドレイン電圧のタイミングでターンオンするため、スイッチング損失を低減し高効率・低ノイズ化ができる〔図6(a)〕。

従来は、電源が軽負荷の場合には二次側に供給するエネルギーが小さいため、パワーMOSFETのオン幅およびトランスのエネルギー放出期間が短くなりスイッチング周波数が高くなる。その結果、スイッチング損失が増加し効率が悪化する。

この課題を改善するためにFA5573では軽負荷時にスイッチング周波数の上限値を負荷に応じて低減させることでスイッチング周波数を下げる動作を行う。図6(b)の波形にそれを示す。パワーMOSFETのドレイン電圧の共振波形が極小点となっても、IC内蔵のタイマで3番目の極小点に来るまでパワーMOSFETのターンオン動作を遅らせている。

図7 効率の出力電流依存性

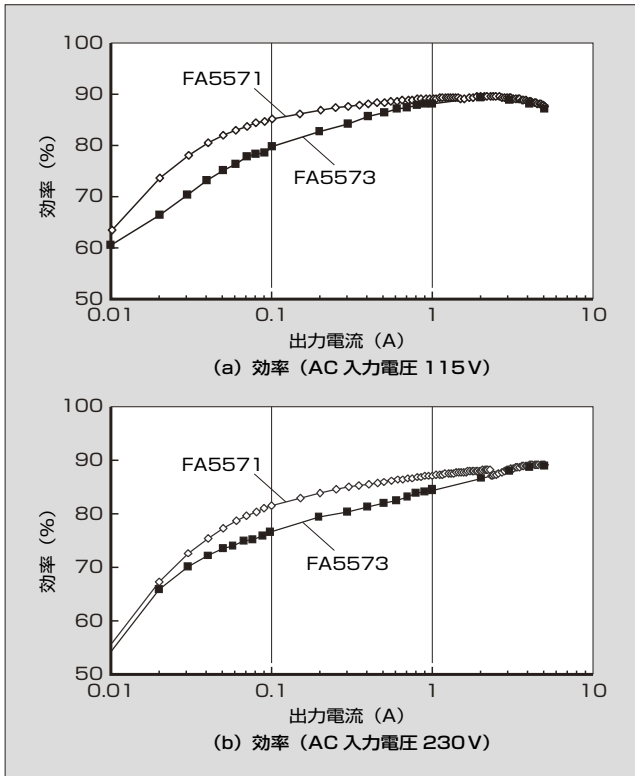
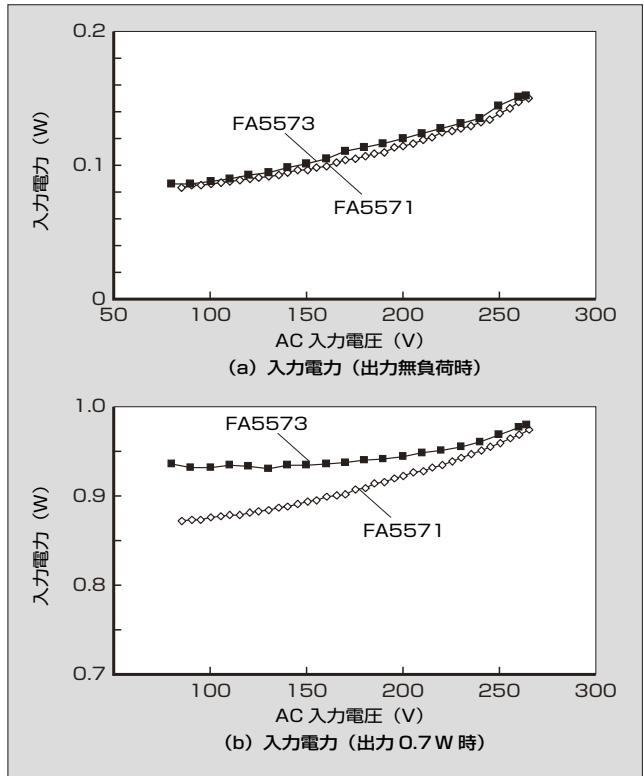


図8 待機時の AC 入力電圧依存性



また、FA5571 の場合は図 6 (c) に示すように、軽負荷時に負荷があるレベル以下に下がるとスイッチングをいったん停止させ、二次側電源出力電圧が低下するとまたスイッチングを開始する動作を繰り返し、間欠動作を行う。

周波数低減方式は、周波数が数 kHz まで低下するとドレイン電圧の共振振動が減衰し、ターンオン時のドレイン電圧が高くなり 1 回あたりのスイッチング損失が増加する。間欠動作方式は、間欠動作時も低いドレイン電圧でターンオンさせる擬似共振動作を継続させるためスイッチング損失は少ない。しかし、間欠動作方式は間欠動作の周波数が可聴域になると、トランスが音鳴りしやすいという課題がある。

3.3 効率・待機電力特性

図 7 に電源出力電流を 0.01 A から定格 5 A まで変化させたときの効率を示す。図 7 (a) のグラフが AC 入力電圧 115 V、図 7 (b) のグラフが AC 入力電圧 230 V 時の特性となっており、FA5571 と FA5573 を比較している。

出力電流 5 A の定格負荷の場合は、FA5571 と FA5573 は同じ動作状態のため 87% 以上の高効率で差は見られない。

しかし、出力電流が小さい軽負荷の場合には前述のように間欠動作を行う FA5571 の方が周波数低減動作の FA5573 よりも高い効率を維持できることが分かる。図 7 (b) の AC 入力電圧 230 V の効率特性では、FA5573 は出力電流が小さいと直線的に効率が低下するの比へ、

FA5571 は出力電流が 2.4 A のポイントで間欠動作モードに移行するため改善効果が出てくる。

出力電流が 0.1 A まで低下すると、AC 入力電圧 230 V 時に FA5571 は効率 81.5%、FA5573 では 76.7% となり 5% 程度の差が現れる。間欠動作方式の場合、間欠周期を長くすることで単位時間あたりのスイッチング回数を極端に下げることができるため、出力電流が小さい場合により効果的となる。ただし、間欠方式は前述のように音鳴りについての注意が必要である。

図 8 に待機時の入力電力と AC 入力電圧の関係を示す。出力無負荷時は全 AC 入力電圧範囲で入力電力 160 mW 以下、出力負荷条件 0.7 W の場合でも周波数低減、間欠動作の両方式ともに全 AC 入力電圧範囲で入力電力 1 W 以下に抑えられており、負荷が軽い待機時に周波数低減方式でも最終的に間欠動作タイプと同じスイッチング回数まで下がるように調整することで低待機電力の電源を構成することができる。

4 あとがき

低待機電力擬似共振電源 IC「FA5571 シリーズ」について紹介した。これらの IC は低ノイズ・低待機電力を重視したスイッチング電源に適しており、今後も低待機電力化への要求は高まってくると考えられるため、市場要求に対応した電源 IC の製品開発、系列化を進めていく所存である。



*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。