

臨界型 PFC 電流共振統合電源 IC 「FA5560M」

園部 孝二 (そのへ こうじ)

陳 建 (ちん けん)

手塚 伸一 (てづか しんいち)

特集

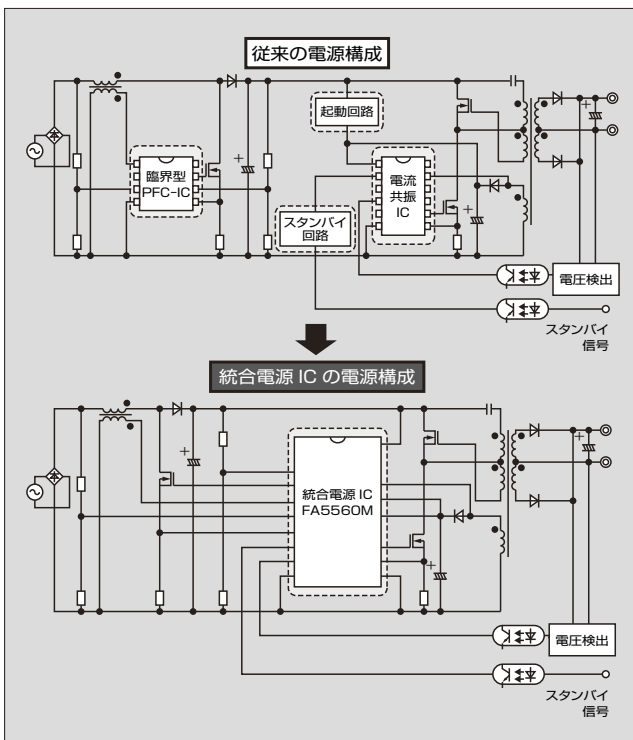
① まえがき

近年、地球環境の悪化に伴い、電気製品全般での省エネルギーが重要となってきている。また、電力変換の際に発生する高調波電流が他の機器にもたらす影響が問題となっており、高調波電流規制が行われている。

このような背景の中、高調波電流を抑えるためにアクティブフィルタ方式が使われ、オフラインコンバータでは高効率・低ノイズの電流共振方式の採用が増えつつある。

そこで、アクティブフィルタ回路用に使われている臨界型 PFC (Power Factor Correction) 制御 IC と、高効率・低ノイズの電流共振制御 IC を統合した臨界型 PFC 電流共振 統合電源 IC 「FA5560M」を開発したのでその概要を紹介する。

図 1 電源構成



② 製品の概要

この製品の主な用途は、低ノイズ・高効率でリモコンからの信号でスタンバイ動作に切り替わる液晶テレビ用電源である。液晶テレビは薄型化・低価格化が進んでいるため、電源には部品削減による省スペース化・低コスト化が要求される。

従来は臨界型 PFC 制御 IC と電流共振制御 IC は別々の IC であった。また、起動回路とスタンバイ機能を外付け回路で構成していたため部品点数が多く、基板面積が大きく、コストが高くなるという問題があった。さらに、臨界型 PFC 制御 IC と電流共振制御 IC が別々の IC であったため、起動・停止シーケンス用の部品追加が必要であった。

図 1 に FA5560M の電源構成を示す。臨界型 PFC 制御 IC、電流共振制御 IC、起動回路、スタンバイ回路を 1 個の IC に統合し、部品削減による省スペース化・低システムコスト化が可能である。また、PFC 部と電流共振部の起動・停止シーケンスを内蔵しており、電源設計が簡易である。

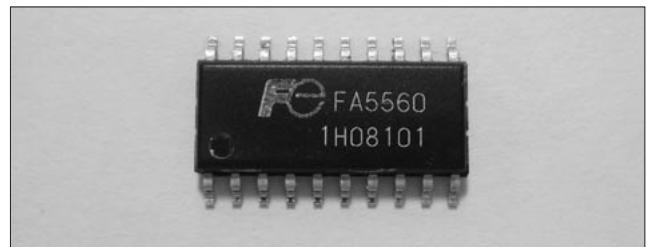
図 2 に製品の外観を示す。パッケージは、20 ピン SOP (Small Outline Package) である。

③ 製品の特徴

製品の主な特徴を以下に示す。

- 臨界型 PFC 制御 IC と電流共振制御 IC の統合電源 IC
- 500 V 耐圧起動回路内蔵

図 2 FA5560M の外観



園部 孝二

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー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。



陳 建

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー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

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー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。

- スタンバイ機能内蔵
- 起動・停止シーケンス内蔵
- UVLO (Under Voltage Lock Out) オンしきい値電圧 15V, オフしきい値電圧 9V
- ブラウンアウト (低入力電圧) 保護機能内蔵
- 20 ピンSOP

スタンバイ時には PFC 部の動作を停止させ、電流共振部は間欠動作を行いスタンバイ電力の削減を図っている。ブラウンアウト時には PFC 部のスイッチング動作を停止し、素子の発熱や破壊を防ぐ。

4 動作説明

図 3 に FA5560M の電源回路および IC のブロック図を示す。

以下に PFC 部と電流共振部の動作を説明する。

4.1 PFC 部の動作

PFC 部は電流臨界モードで動作する。この IC は発振器を使用せず、自励発振を応用した臨界モードでスイッチング動作を行う。基本回路構成を図 3 の PFC 部に示す。スイッチング動作のタイムチャートを図 4 に示す。その動作を以下に説明する。

(1) t_1

MOSFET Q_{PFC} がオンすると、インダクタ L_1 の電流はゼロから上昇する。

(2) t_2

この電流が乗算器 MUL の出力で決定される電流コンパレータ CUR.comp. の基準に達すると R-S フリップフロップにリセット信号が入り、 Q_{PFC} はオフする。 Q_{PFC} がオフすると、 L_1 の電圧は反転し、D0 を通じて出力側へ

電流を供給しながら、 L_1 の電流は減少する。またこの間、補助巻線の電圧も反転しプラスの電圧が発生する。

(3) t_3

L_1 の電流が完全にゼロに戻ると L_1 の電圧は回路中の寄生のコンデンサと共振し急速に低下する。同時に L_1 に設けた補助巻線の電圧 V_{sub} も急速に低下する。

図 4 PFC 部のスイッチング動作タイムチャート

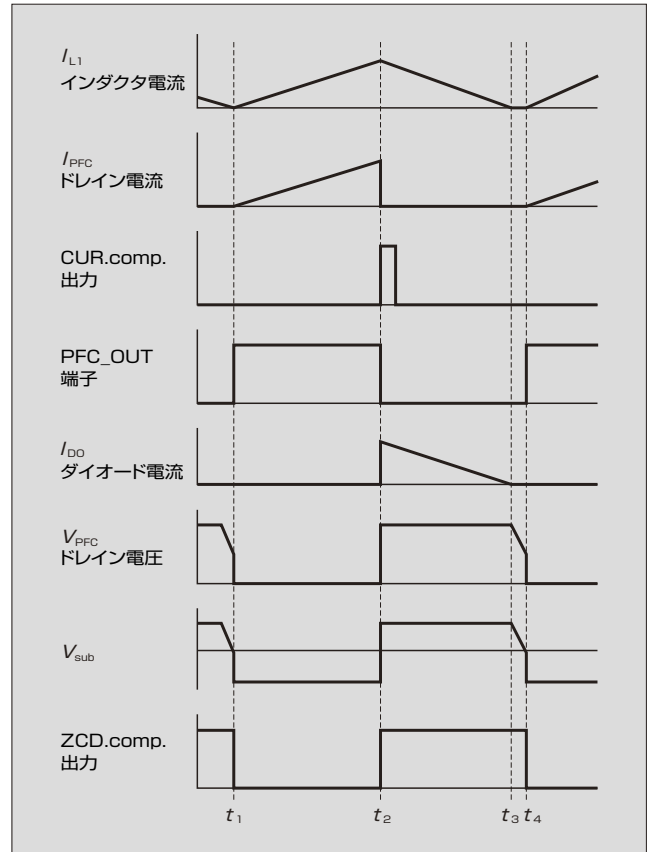
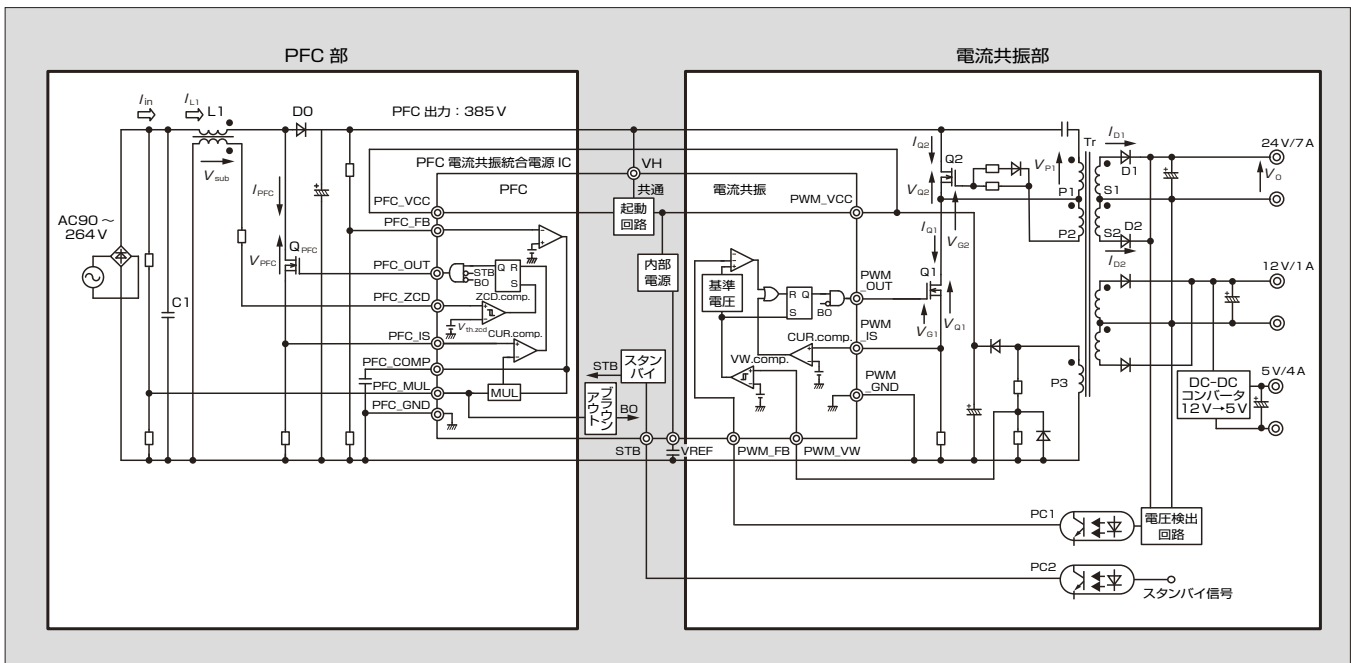


図 3 電源回路および IC のブロック図



(4) t_4

この V_{sub} が内部の基準電圧 V_{th-zcd} まで低下すると、ゼロ電流検出器 ZCD.comp. の出力が反転する。この出力の立下りで R-S フリップフロップにセット信号が入力され、再び Q_{PFC} をオンさせ次のスイッチングサイクルへ移る (t_1 へ戻る)。

4.2 電流共振部の動作

図 3 に示す電流共振部は、複合発振型電流共振モードで動作する。MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) Q1 は IC で駆動される他励発振動作、MOSFET Q2 は絶縁トランス Tr の補助巻線で駆動される自励発振動作となる。

絶縁トランスは一次巻線 P1 と二次巻線 S1, S2 とを疎結合として比較的大きめの漏れインダクタンスを持たせた設計とし、漏れインダクタンスとコンデンサ Cr の直列共振回路により電流共振動作をする。Q2 の駆動巻線 P2 と、IC の制御電源を供給する制御電源巻線 P3 は P1 と密結合とした設計とし、おのおの P1 の電圧に比例した電圧を発生させる。駆動巻線 P2 と MOSFET Q2 のゲート端子との間に接続している抵抗とダイオードは、ゲート電圧をターンオン時には緩やかに、ターンオフ時には高速に変化させることにより、Q1 と Q2 が同時にオンして短絡電流が流れるのを防ぐよう設定する。

スイッチング動作タイムチャートを図 5 に示す。

制御電源巻線 P3 に並列に接続した抵抗とダイオードの回路は、絶縁トランス一次巻線電圧 V_{P1} を間接的に P3 の

電圧で検出し、制御 IC の信号レベルに変換する回路である。制御 IC には、 V_{P1} が負から正へゼロクロスするタイミングを検出し、短絡防止期間 T_d を経たのちに Q1 をターンオンさせる。

出力電圧制御は、出力電圧調整回路の信号を電圧指令値として制御 IC にフィードバックして行う。制御 IC は、その電圧指令値と、 V_{P1} が正から負へゼロクロスするタイミングから時間に比例して増加する参照信号とを比較し、出力電圧が一定になるように Q1 をパルス幅制御する。

また、Q1 オン時に V_{P1} が正から負へゼロクロスするタイミングを検出した場合、強制的に Q1 をターンオフさせる機能を持っており、Q2 オフと Q1 オンの切換信号、および Q1 オフと Q2 オンの切換信号を絶縁トランスからの指令として受ける。そのためオン信号からのデッドタイムを設けておけば共振はずれによる貫通電流が発生しない。

4.3 起動シーケンス

通常、スタンバイ電力削減のため、スタンバイ時にホトカプラ PC2 を消灯させ、PFC 動作を停止する構成とする。しかしながら、低入力電圧の定格負荷起動の条件で、電流共振部が供給できる電力が少なく、二次側出力が上昇しないため、ホトカプラが点灯せず、IC がスタンバイ状態と誤判定してしまう問題がある。従来は、対策として追加回路が必要であった。

本製品では、起動時に二次側出力電圧が上昇するまで PFC 部が動作するシーケンスを内蔵し、追加回路なしで定格負荷起動に対応している。

図 5 電流共振部のスイッチング動作タイムチャート

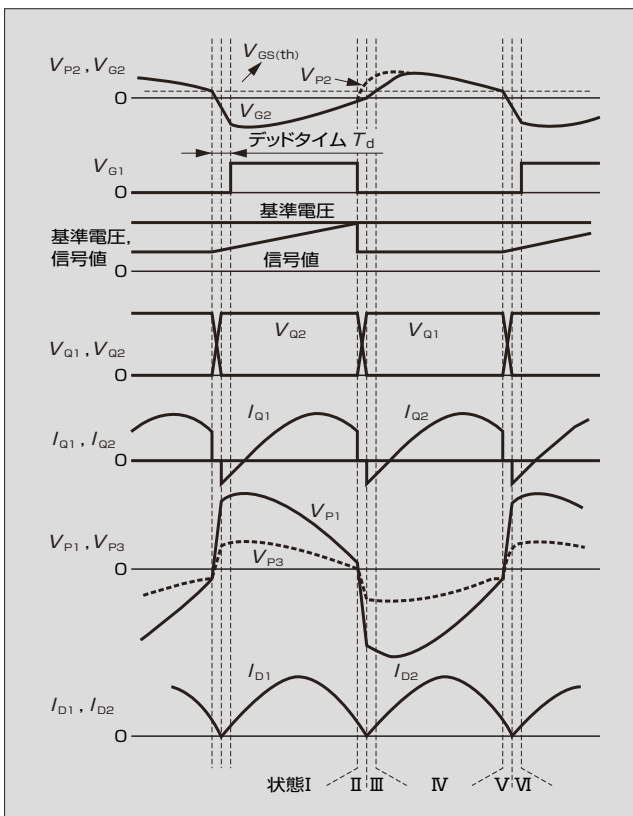


図 6 起動シーケンス (定格負荷起動の場合)

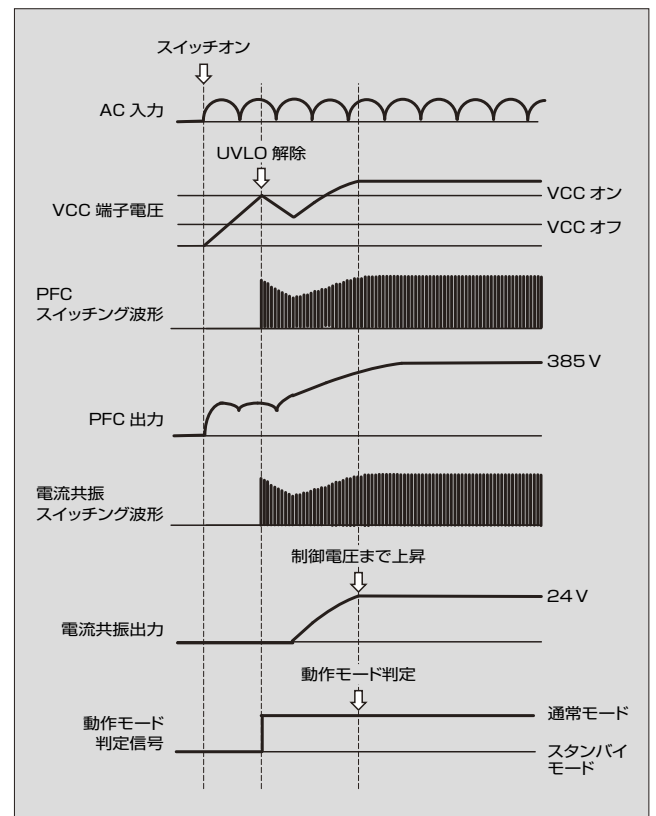


図 6 に定格負荷起動時の起動シーケンスを示す。スイッチオンから VCC 端子電圧が上昇し、UVLO オンしきい値電圧の 15V まで上昇すると、PFC 部と電流共振部のスイッチングが開始する。PFC 出力電圧の上昇とともに電流共振部が出力側に供給可能な電力が増えるため、二次側出力電圧が 24V の制御電圧まで上昇し安定動作となる。

図 7 PFC 部の入力電流波形

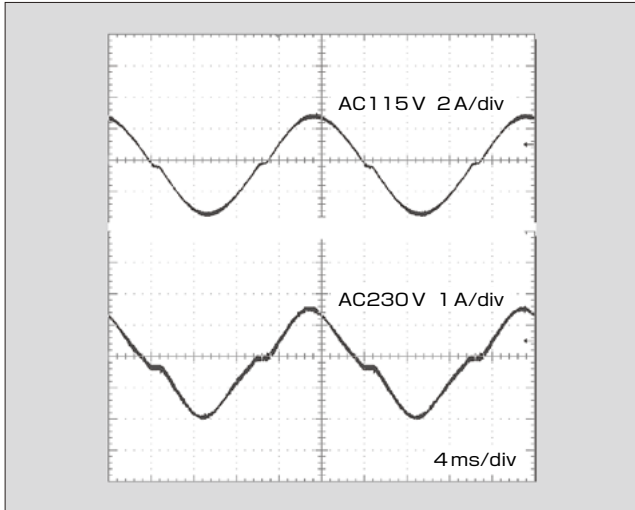


図 8 定格負荷時力率特性

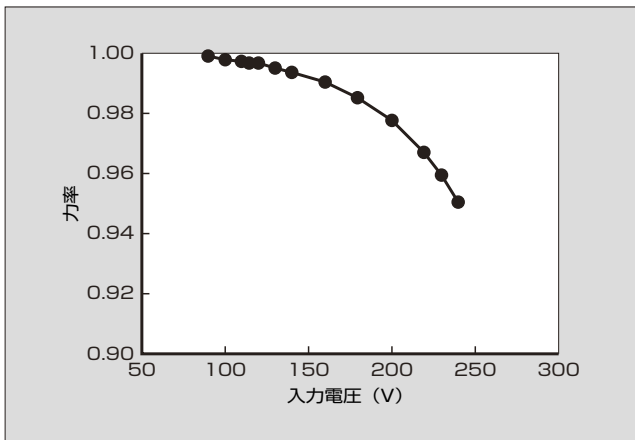
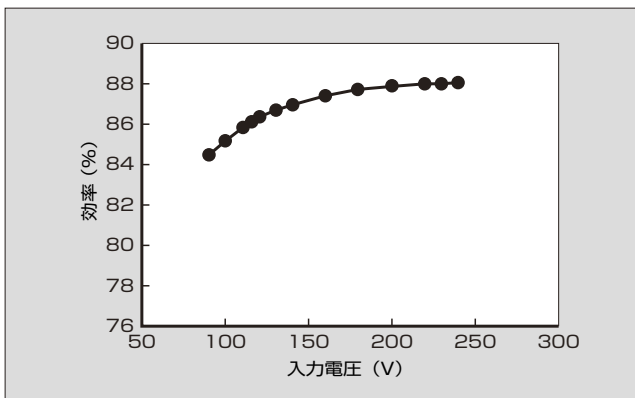


図 9 定格負荷時効率特性



二次側出力が制御電圧に達した後に、スタンバイモードか定格負荷を含む通常モードかの判定を行う。

5 電源特性

図 3 の電源回路の電源特性を測定した結果を以下に示す。電源の主な仕様は次のとおりである。

- 入力電圧：AC90～264V
- 定格出力：24V/7A, 12V/1A, 5V/4A
- 最大電力：200W

図 7 は AC100V 入力および AC240V 入力での定格負荷出力の入力電流波形である。入力電流波形は入力電圧と同様に正弦波となっている。

図 10 効率の入力電圧依存性

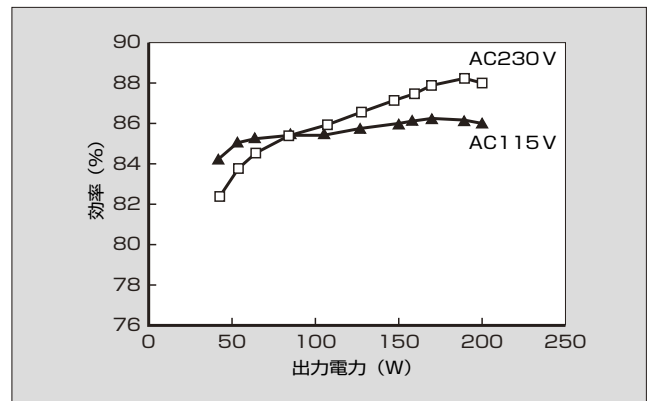


図 11 スタンバイ電力の入力電圧依存性

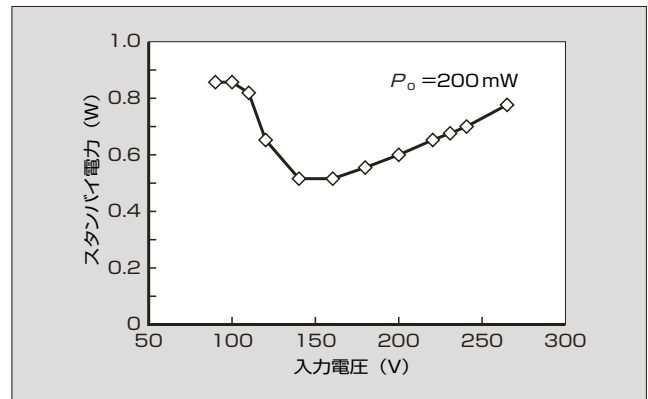


表 1 電源評価結果

		条件	結果
力	率	AC90～240V 定格負荷	0.95以上
効	率	AC90～240V 定格負荷	84%以上
		AC115/230V入力 20～100%負荷	82%以上
スタンバイ電力		AC90～264V 200mW負荷	0.9W以下

図 8 に定格負荷の力率特性を示す。AC90 ～ 240 V の範囲で力率 0.95 以上である。

図 9 に定格負荷効率の入力電圧依存性を示す。AC90 ～ 240 V の範囲で効率 84% 以上である。

図 10 に AC115 V と AC230 V での効率の入力電圧依存性を示す。20% 以上の負荷で効率 82% 以上である。

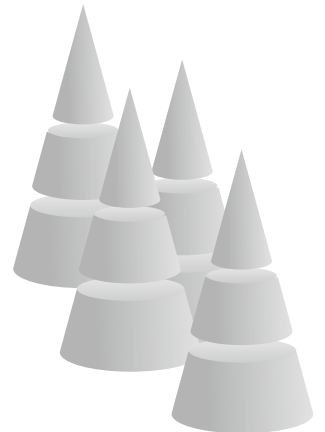
図 11 に負荷 200 mW 時のスタンバイ電力の入力電圧依存性を示す。AC90 ～ 240 V の範囲で 0.9 W 以下である。

表 1 に電源評価結果を示す。定格負荷時の力率 0.95 以上、定格負荷に対し負荷 20% 以上での効率 82% 以上、0.2 W 負荷でのスタンバイ電力 0.9 W 以下で高力率、高効率、低

スタンバイ電力用途の電源として適用可能である。

⑥ あとがき

臨界型 PFC 電流共振統合電源 IC 「FA5560M」の概要について紹介した。この IC は、高力率・高効率・低スタンバイ電力で、部品削減による小型化・低コスト化が必要な液晶テレビ用電源に適した仕様である。製品用途により期待される特性や動作シーケンスが異なるため、それぞれの製品用途に最適化した統合電源 IC を系列化し、市場の要求に応じていく所存である。





*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。