

CRM PFC + LLC コンボコントローラ IC SSC4S910 シリーズの開発

Development of CRM PFC + LLC Combo Controller IC SSC4S910 Series

伊藤 公一*
Koichi Ito

姜 韓柱**
Kang Hanju

菅原 岳樹***
Takeki Sugahara

概要 大型液晶テレビ、モニタ、LED照明、多機能プリンタなどの大電力用途へ向けたスイッチング電源は、主に力率改善回路(PFC)とLLC電流共振回路(LLC)で構成される。これらのアプリケーションでは、IoT対応、USB給電といった高機能化の要求による電源の大電力化が進む一方で、電源ボード全体の低コスト化やスタンバイ特性の改善が重要な課題となっている。今回、PFC制御部とLLC制御部を1パッケージに統合し、端子共通化とICへの機能取り込みをおこなうことで、高い連携性と大幅な部品点数削減を実現したPFC+LLCコンボコントローラIC SSC4S910シリーズを開発したので報告する。

1. まえがき

大型液晶テレビ、モニタ、LED照明、多機能プリンタなどに代表される大電力用途向けの電源には、力率改善回路(以下、PFCとする)およびLLC電流共振回路(以下、LLCとする)で構成されるスイッチング電源が多く用いられている。昨今、スマートTVやスマート照明、IoT対応などにみられる高機能化による大電力化の傾向がある一方、電源ボード全体のコストダウン要求がある。今回、これらの課題を解決するため小型で高効率、かつ低ノイズの電源を提供することを目的としたPFC+LLCコンボコントローラIC SSC4S910シリーズ(以下、SSC4S910とする)を開発した。

図1に、現在当社が量産している臨界モードのPFC制御IC SSC2016Sと、LLC電流共振制御IC SSC3S920シリーズ(以下、SSC3S920とする)の応用回路図⁽¹⁾を示す。PFCとLLCを個別に制御するため、一部回路の重複により部品点数が増加していた。これに対し、SSC4S910ではPFC制御部とLLC制御部を1パッケージ

にコンボ化し、端子の共通化やIC内部への機能取り込みによる大幅な部品点数削減を実現した。

また、当社既存製品では図1に示すように外付け回路を構成することでPFC_VCCおよびPFC ON/OFF信号を生成し、PFCとLLCの連携をおこなっていた。

これに対してSSC4S910では、内部でPFCとLLCの起動動作やスタンバイ動作を高度に連携しているため、外付け回路不要とした。

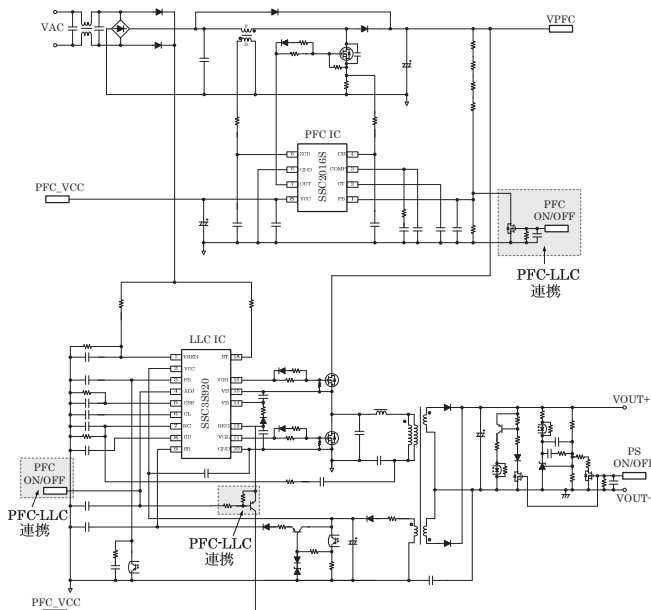


図1 当社既存製品の応用回路図

*サンケンエレクトリックコリア

**技術開発本部 パワーデバイス開発統括部
電源IC開発部 開発2課

***技術開発本部 パワーデバイス開発統括部
システム開発部 電源制御開発課

2. 製品概要

図2にSSC4S910のパッケージ外形図を示す。本製品のSSOP24パッケージは、標準SOP16パッケージと外形寸法は変えずに多端子化し、さらに3、4端子および20、21端子を抜き端子とした。これにより電源制御に必要な機能端子を設けるだけでなく、ST-VSEN端子間およびVB-VGL端子間の空間距離／沿面距離をとることで、高圧-低圧端子間の絶縁耐量を向上させ、高い安全性を確保した。また、図3に示すようにPFCの機能端子をパッケージ左側、LLCの機能端子を右側に設け、PCB基板上の配線レイアウトを考慮した端子配置とした。

図4にSSC4S910のブロックダイアグラムを示す。本製品は、SSC2016SとSSC3S920の基本機能を引継ぎつつ、アプリケーションで標準化できるパラメータについては統一して、部品削減の検討をおこなった。その結果、PFC部では最大オン時間、LLC部では最低動作周波数、過負荷保護(以下、OLPとする)遅延時間、ソフトスタート時間をIC内部で固定化した。

LLC制御部には、ハイサイドとローサイドのドライブ回路を内蔵した。ハイサイドドライブ回路においては、外来スイッチングノイズに対する耐量をさらに向上させるため、VB-VS間電圧の絶対最大定格をSSC3S920の20Vに対して30Vにアップさせた。

図5に、SSC4S910の応用回路図を示す。図1の当社既存品の応用回路図に対して、PFCとLLCの連携部品で7点、調整用部品のIC取り込みで5点、重複部品で2点、その他で7点の削減ができ、全体で111点から90点と大幅な部品削減(21点)を実現することができた。

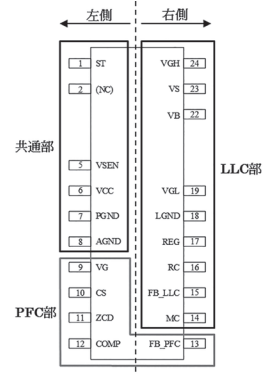


図3 SSC4S910 端子配置図

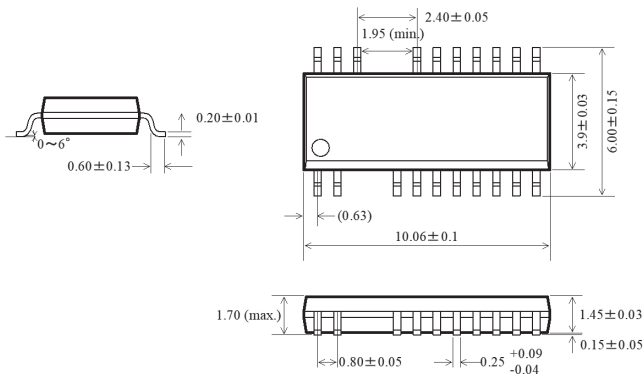


図2 SSC4S910 パッケージ外形図

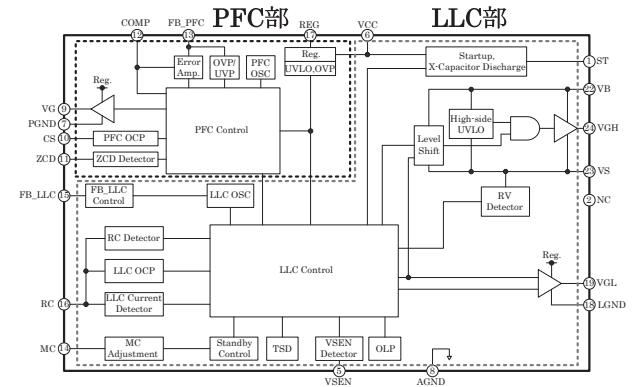


図4 SSC4S910 ブロックダイアグラム

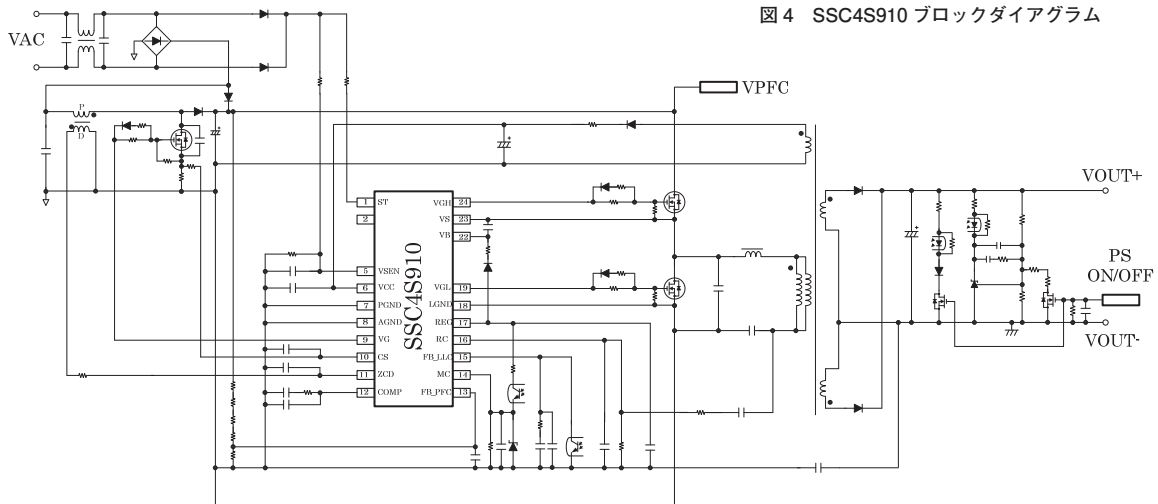


図5 SSC4S910 の応用回路図

本製品は、矩形波・DC入力電圧にも対応している。図6のように、判定期間において入力電圧がACまたはDCかを判別する。入力電圧がDCの場合（以下、DC入力モードとする）、VCC端子電圧がVCC(ON)以上になると、Xコンデンサ放電機能が無効になる。DC入力モードの場合、電源が遮断して、入力電圧が低下するとPFCとLLCは共に入力低電圧保護機能で停止する。

また、その他にPFCの過電流検出電圧や入力電圧の検出精度を高めることで、電源としての信頼性を向上させた。

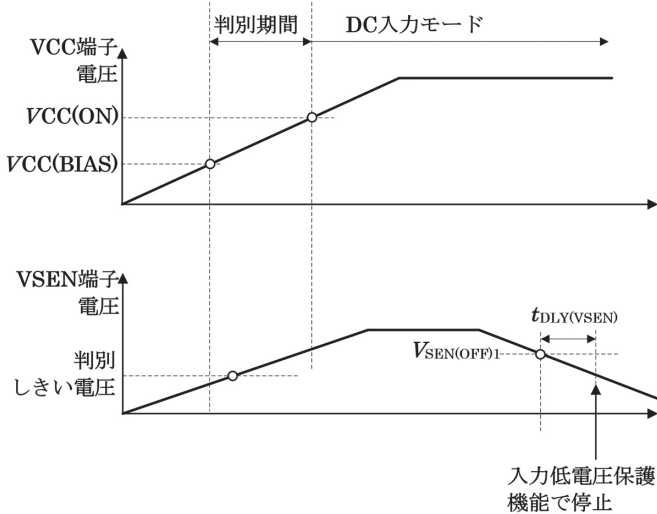


図6 入力電圧がDCの場合のタイミングチャート

3. 代表特性

3.1 PFCとLLCの連携動作

本製品は、起動/停止時およびスタンバイ動作時にPFCとLLCを外付け部品や回路なしで連携動作可能である。

図7は起動/停止時のタイミングチャートを示す。本製品にはPFC出力電圧（以下、VPFCとする）に応じてLLCを制御するLLC UVLOを設けている。起動時、VCC(ON)でPFCが動作し、VPFCが所定の電圧値に達すると起動回路を停止し、LLCが動作を開始する。これによりLLCの起動に必要なゲインが小さくなるため、重負荷で起動させた場合においても起動不良を防ぐことができる。一方、停止時においては、VPFCの低下により、LLCが容量性領域に入る前に停止させることで、電流共振外れによるハードスイッチングを防ぐことができる。

また、この起動シーケンスにより低AC入力の負荷短絡条件でOLPによるオートリスタート動作時に電流共振外れを防ぐことができる。

図8および図9に、AC90V印加時負荷短絡条件下に

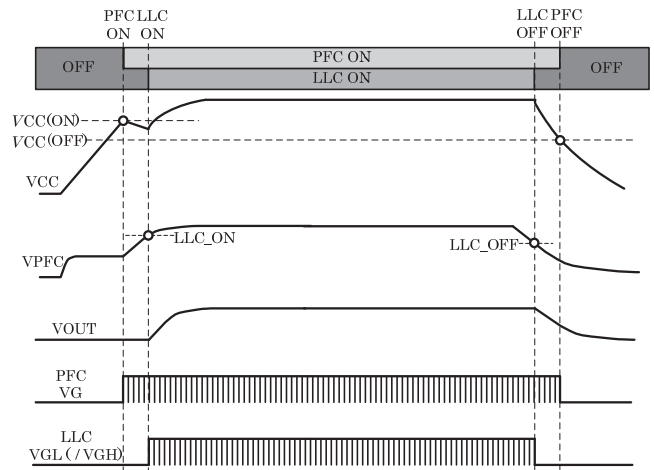


図7 起動・停止時のタイミングチャート

において、LLC UVLOが無効な場合および有効な場合のオートリスタート動作時の動作波形を示す。

図8では、リスタート時にVPFC=110V近傍でLLCが動作し電流共振外れが発生していたが、電流共振外れが発生しないVPFCでオフさせるLLC UVLOのしきい電圧を設けた。図9は、波形例としてVPFC=400V近傍での電流共振外れが発生していない動作を示す。したがって、LLC UVLOを設けることにより、低VPFC時の電流共振外れの発生を防ぐことができ、トランス設計の容易化とLLC動作の安全化を実現した。

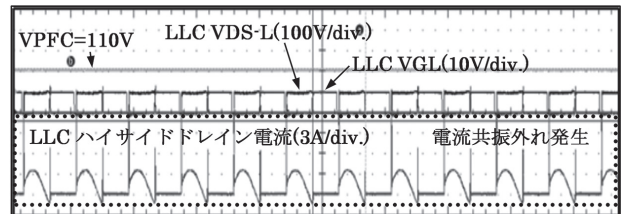


図8 LLC UVLOが無効な場合の動作波形

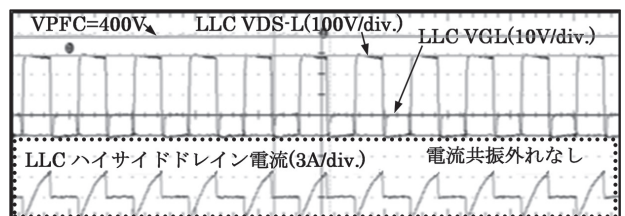


図9 LLC UVLOが有効な場合の動作波形

3.2 軽負荷(スタンバイ)時の動作

図10は、スタンバイ時におけるPFCおよびLLCのスイッチング動作を示す。

スタンバイしきい電圧端子MCの電圧が低下して、スタンバイ移行電圧以下になると、スタンバイ動作に移行

する。スタンバイ動作中は、スイッチング損失を低減するために、PFC、LLCともにバースト動作をおこなう。

LLCは、バースト動作時にドレイン電流の急峻な変化を抑制するように、VGH端子とVGL端子のスイッチング周波数を制御する。これにより、スイッチング回数を減らすことで損失を軽減し、またトランスの音鳴りを抑制している。LLC部のバースト周期はIC内部で設定されている。

LLC部がバースト動作に切り換わると、ICはFB_PFC端子電圧の値にもとづいて、スイッチング回数を減らすようにPFC部の出力電圧を制御して、エネルギーを効率的に出力へ送り、損失を軽減した。

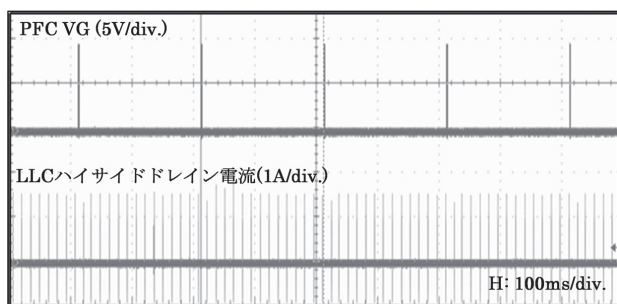


図10 スタンバイ時の動作波形

近年のTVやモニタは、スタンバイ時であってもUSBポートを介したスマートフォンなどのポータブルデバイスの充電への対応が要求される。このため10W前後のスタンバイ負荷において、出力電圧リップルが小さく音鳴りしないLLCの動作が求められている。本製品では、図11および図12のように、独自の技術でバースト時のスイッチング回数を減らすとともに音鳴りを低減するように制御している。

その結果、スタンバイ負荷10Wにおいて、SSC3S920に対して出力電圧リップルを82%、電流ピークを58%減らすことができた。これにより、音鳴りが低減され、良好なスタンバイ特性が得られた。

4. むすび

今回、PFC回路とLLC電流共振回路の制御部を統合化し、高い連携性と大幅な部品点数削減(当社既存品に

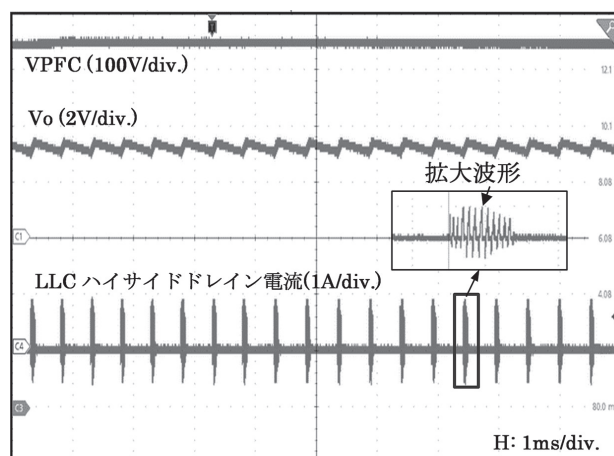


図11 AC99V/Vo=9.6V, Io=0.6A 負荷時
LLCバースト動作波形

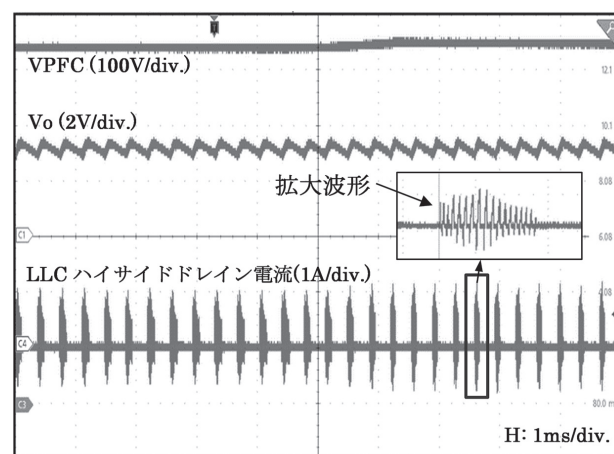


図12 AC99V/Vo=9.6V, Io=1.2A 負荷時
LLCバースト動作波形

対して21点削減)を実現したPFC+LLCコンボコントローラIC SSC4S910シリーズを開発した。

今後、TVやモニタに採用されているUSB Type-Cポートが大容量化の傾向があるため、20W以上の負荷領域におけるスタンバイ性能をさらに高めていく。

5. 参考文献

- (1) 大竹, 菅原, 一瀬, 河島: サンケン技報, vol.47, p29-32 (2015.11)